


FONDO PIZZOFALCONE

SCELTA BIBLIOTECA

DELL'

INGEGNERE CIVILE

VOLUME UNDECIMO

ARCHITETTURA

IDRAULICA

OVVERO

ARTE DI CONDURRE, INNALZARE E REGOLARE LE ACQUE
PEI VARJ BISOGNI DELLA VITA

DI

BERNARDO BELIDOR

COMMISSARIO PROVINCIALE D'ARTIGLIERIA, R. PROFESSORE DI MATEMATICHE
ALLE SCUOLE DELLO STESSO CORPO, MEMBRO DELLE ACCADEMIE REALI DELLE
SCIENZE D'INGHILTERRA E DI PRUSSIA E CORRISPONDENTE DI QUELLA DI PARIGI



CON NOTE ED AGGIUNTE

IN SEGUITO A QUELLE

DI NAVIER

INGEGNERE NEL CORPO REALE DI PONTI E STRADE

VERSIONE ITALIANA SU L'ULTIMA EDIZIONE FRANCESE

DI

BASILIO SORESINA

DOTTORE NELLE SCIENZE FISICHE E MATEMATICHE

PARTE I.ª — TOMO II.°

MANTOVA

PRESSO GLI EDITORI

1837.

MILANO. Coi Torchj di Gaspare Truffi e Soci
Contrada del Cappuccio N.° 5433.

PREFAZIONE DELL'AUTORE

Non avendo potuto a meno di ritardare un anno il termine prefisso alla pubblicazione di questo secondo Tomo, è giusto il render ragione di tale ritardo col dimostrare che il principale motivo fu di metter quest' opera in istato di conservare quell'opinione vantaggiosa che il pubblico sembra averne concepito.

Chi è alquanto geloso del proprio nome e delicato su la precisione conveniente al soggetto che tratta, non ha bisogno spesso che di una giudiziosa riflessione per trovar mediocre un' opera che avea creduta degna di qualche considerazione; se allora possiede ancora il proprio manoscritto, si crede fortunato d' esser padrone di sopprimerlo o di dare ad esso una forma novella: quello di questo Tomo era nelle mani del tipografo, ed io credeva di non aver nulla da correggervi, quando una impreveduta occasione mi disingannò di un sentimento che sembravami tanto più naturale in quanto che non avea trascurato nulla per metterlo in punto di essere pubblicato nel tempo prescritto.

I signori Prevosti dei Mercanti e Scabini della città di Parigi, avendo inteso che io avea fatte delle osservazioni sui difetti delle trombe della macchina applicata al ponte di Nostra Donna, la quale somministra l' acqua della Senna al maggior numero delle fontane pubbliche, mi fecero l'onore d' invitarmi nel 1737 a comunicar loro le mie vedute sul modo di rettificare questa macchina onde renderla capace di maggior prodotto. Siccome lavorando al progetto che è stato eseguito, mi accadde di fare alcune nuove scoperte sul moto delle acque e sulla perfezione delle macchine atte ad innalzarle, ho creduto bene sospendere la stampa di questo Tomo onde inserirvele, e correggere in pari tempo alcuni luoghi essenziali fondati in alcuni principj d' Idraulica comunemente ricevuti, de' quali ho scoperto l' erroneità, come ognuno se ne potrà convincere.

Questi oggetti essendomi sembrati di conseguenza bastantemente grande da non economizzare nel tempo, ho superato le dicerie degli associati e

del mio librajo, lusingandomi che il pubblico equo approverebbe la mia condotta al primo apparire di quest' opera, arricchita di aggiunte di cui sentiva la necessità; e per meglio indurvelo, ho fregiato questo volume di tutta la magnificenza di cui poteva essere suscettibile.

Non avendo nella prefazione del primo Tomo fatto se non una leggiera menzione dei soggetti che dovevano essere trattati in questo, ecco quelli compresi nel terzo e nel quarto libro, secondo l'ordine che credetti dover convenire ad essi.

Il terzo libro è diviso in cinque capitoli. Il primo comincia con una dissertazione su le proprietà dell'aria, dedotta da un gran numero di sperienze, accompagnate da utili osservazioni che servono d'Introduzione alla Fisica ed alla teoria delle Trombe.

Il secondo comprende il modo di calcolare la forza del vento ed il massimo effetto delle diverse macchine che possono essere messe in moto dall' azione di esso.

Nel terzo trovasi una descrizione ragionata delle Trombe di ogni specie ed una estesa teoria su la maniera di calcolarne esattamente gli effetti.

Il quarto comprende la descrizione di un gran numero di belle macchine eseguite in Francia e nei paesi esteri per innalzar l' acqua con trombe, messe in moto dalla forza degli uomini, dei cavalli e della correnti, ed ho calcolato i diversi effetti ed i vantaggi di queste macchine, e ciò che bisognerebbe fare per renderle perfette.

Il quinto capo comincia con un discorso su le grandi opere fatte dai Romani per la condotta delle acque, seguito da una descrizione della macchina applicata al ponte di Nostra Donna a Parigi con gli sviluppi delle nuove trombe per rettificarla ed i calcoli che ne determinano il prodotto.

Riguardo al quarto Libro, esso è pure diviso in cinque Capitoli: il primo comincia con la Descrizione ed il calcolo dell' effetto di una macchina da me immaginata, la quale non ha nulla di comune con tutte quelle finora usate, il cui oggetto è di far sì che l' acqua di una caduta s' innalzi da sè a quell'altezza che si vorrà senz' alcun fastidio; poscia se ne riportano alcune altre eseguite per lo stesso oggetto a Parigi e in Inghilterra.

Nel secondo si esamina l' azione dell' acqua nei tubi di condotta, e gli attriti che ne ritardano la velocità, da cui si deducono tutte le regole che fa duopo conoscere su questo soggetto; munite di un gran numero di sperienze e di utili osservazioni.

Il terzo principia con un discorso storico su l' origine ed i progressi delle macchine mosse dall'azione del fuoco; se ne riferisce una per esempio sviluppata fino nelle sue minime parti, se ne calcola l' effetto relativamente alla forza del vapore dell' acqua bollente, alla resistenza dell'at-

mosfera, ed a quella del peso della colonna d' acqua che si vuole innalzare; quindi si riferisce un gran numero di altre macchine mosse da animali o dalle correnti per estrar l' acqua dalle miniere o dai pozzi molto profondi.

Il quarto comprende la maniera di ricercare, raccogliere e condurre le acque di sorgente per tagli nella pietra, tubi, canali ed acquedotti; tutto ciò che può appartenere alle fontane pubbliche per distribuire l'acqua nei diversi quartieri di una città ed alle case particolari. La forma più conveniente ai tubi di distribuzione acciò il getto ed il riparto dell' acqua si facciano giudiziosamente. Il migliore collocamento delle piscine, tubi di condotta, chiavi, bottioni, scaricatori e sfiatatoj e con l'uso che se ne può fare per estingnere gli incendj.

Finalmente il quinto ed ultimo capitolo di questo Tomo contiene tutto ciò che si riferisce alla decorazione dei giardini di piacere, per condurre e distribuire vantaggiosamente le acque zampillanti, onde producano un piacevole effetto: il modo di determinare i diametri dei tubi di condotta e quelli delle bocche rapporto all'altezza dei getti ed alla loro distribuzione. Vi si trovano tavole molto comode a questo, che liberano dai calcoli che senza di esse si dovrebbero fare, seguite dalla costruzione dei bacini, serbatoj e cisterne. Questo Capitolo termina con molte regole per determinare lo spessore che convien dare ai muri destinati a sostenere la spinta dell'acqua.

Chi conosce ciò che è stato scritto su l' Idraulica e su le Macchine atte ad innalzar l'acqua, converrà esservi pochi libri che meno di questo sentano di compilazione, e che sieno più atti a condurre e guidare gradatamente ad una perfetta cognizione della meccanica, pel gran numero di esempi diversi a cui questi principj si trovano applicati; ma per ben sentirne il legame, importa estremamente il ricorrere tosto agli articoli che si troveranno citati, i quali contribuiranno a render famigliare tutta l' opera che si può risguardare come un Corso completo di Meccanica e d'Idraulica.

Non dico nulla della fatica che mi è costato il comporre la materia, nè delle cure per l' esecuzione delle Tavole, che ho cercato di render più belle che sia stato possibile, trovandomi a sufficienza compensato dalla lusinghiera accoglienza che il Pubblico ha fatto al primo volume, e dalla premura che dimostrò per questo.

NB. *Si omettono alcune linee del testo perchè si riferiscono soltanto a correzioni d' errori veduti dall'Autore nel primo volume dell' opera sua, errori che vogliamo sperare non sieno nella nostra edizione.* T.

Avvertimento = I commenti e le note pubblicate da Navier ad illustrazione e rettificazione dell'Architettura idraulica di Belidor, si limitano al primo volume. Lo sviluppo, la chiarezza e la precisione, l'uniformità e la giustezza dei principj e dei ragionamenti con cui quell'illustre professore coordinò il suo importante lavoro, lo resero universalmente aggradito, e lasciarono un vivo desiderio che fosse continuato anche agli altri volumi. Ma le incessanti occupazioni della scuola, e le importanti e straordinarie incumbenze nelle quali era di frequente adoperato dal Governo, gli impedivano di attendere, come era suo pensiero, alla ultimazione di questo lavoro. Ora poi che sgraziatamente fu tolto nell'agosto dell'anno scorso al lustro delle scienze che con tanto amore e vantaggio coltivava, ed all'ammirazione degli amici e dei contemporanei, vediamo dileguarsi ogni speranza su questo proposito, se pure non avesse lasciato ne' suoi scritti l'occorrente materia. Le ricerche da noi fatte e le notizie che ci siamo procurate, non ci autorizzano ad esporre di ciò un'idea positiva.

Nell'antecedente I.° volume promise Navier alla Nota *bq* che nel secondo si troverebbero tutte le nozioni necessarie per assoggettare a calcolo i movimenti prodotti nell'atmosfera dalle alternative di secco e di umido, e dal miscuglio dei vapori acquei. Nello schiarimento (*) alla nota *di* accenna di voler riprendere nel secondo volume il calcolo relativo all'effetto dei mulini a vento; così alla nota *dk* dice che gli sviluppi relativi a quella parte dello stabilimento dei mulini, che tratta della economia delle acque, e che devono necessariamente essere fondati sulla dottrina delle acque correnti pei fiumi e canali, impediti da sostegni, pescaje traverse ed altro, formeranno l'oggetto di note nei seguenti volumi dove aveva intenzione di ripigliare le quistioni relative allo stabilimento delle officine. Parlando poi del modo di valutare la velocità dell'acqua corrente nelle docce, promette sulla fine del § 3 della nota *du* di ritornare sull'argomento negli altri volumi, ed alla nota *fl* sulla teoria della tromba spirale, è detto che nel volume seguente si troveranno le nozioni sui fluidi elastici necessarie per l'intelligenza di quanto si espone nel contenuto della nota medesima.

Noi ci faremo un dovere di soddisfare a queste ed altre promesse del Navier, e cercheremo eziandio di supplire ai difetti ed alle esigenze del testo, notando dove l'Autore si apponesse a principj erronei, e rischiarando col sussidio delle odierne dottrine i passi più importanti, ed in questo ci gioveremo dei lumi degli Autori più reputati, nazionali e stranieri. — Non lasceremo ogni sforzo per quanto sarà da noi onde adempiere in modo adeguato al nostro assunto; ben lontani però dal volere rivaleggiare, o pretendere a dividere le lodi cotanto meritamente ed universalmente accordate al valente professore francese, invocheremo anzi tutta l'indulgenza dei nostri Lettori a volerci risparmiare le conseguenze di un confronto, ed a rimaner paghi del nostro buon volere.

Le Note e le aggiunte si pubblicheranno interpolatamente divise dal testo, come si è fatto con quelle di Navier, e richiameranno con ordine gli articoli ed i capi a cui si riferiscono.

Non tornerà discaro di avere sott'occhio l'elenco delle opere, e delle memorie pubblicate da Navier.

ELENCO DELLE OPERE

E DELLE MEMORIE PUBBLICATE DA NAVIER



I. *Projet pour l'établissement d'une garre a Choisy, Parigi. Didot*, 1 vol. in-4.°, *con* 4 *tavole* 1811.

Comprende la descrizione de' lavori proposti, od intrapresi finora a Parigi, per difendere le barche dagli effetti del disgelo, con una notizia descrittiva del Ponte di Choisy, dove sono indicati i metodi principali adoperati nell' eseguirlo.

II. *Examen de la tontine perpétuelle d'amortissement fondée par M. Janson de Sailli, Gueroult de Fougère, e Denualle-Saint-Leu.*

Autorizzata con ordinanza reale 10 *marzo* 1819. *Parigi* 1819 *in-8.°, di* 40 *pag.*

III. *Mémoires sur les ponts suspendus*, *in-4.° con atl. in f.° Parigi* 1823, *stamperia Reale, con* 15 *Tavole.*

Vi è la descrizione coi disegni delle principali opere di questo genere eseguite, o progettate in America, in Inghilterra ed in Francia: con ricerche sullo stabilimento di siffatti edifizj. — Precede un rapporto al Consigliere di Stato Becquey direttore generale dei ponti, delle strade e delle miniere. Ve n'ha una seconda edizione del 1830 *in-4.°, con atlante in foglio di* 19 *tavole escita dai tipi di Carillan Goeury. Essa è arricchita di una memoria intorno al Ponte degli Invalidi.*

IV. *Résumé des leçons données à l'école des ponts et chaussées, sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines* 1.° *partie.* 2.° *edition corrigée et augmentée*, 1 *vol. in-8°.* 1833.

La prima edizione è del 1826.

Contiene le lezioni sulla resistenza dei materiali, e sullo stabilimento dei lavori di terra, di muratura e di legname.

Il tomo secondo, che doveva trattare del moto e della resistenza dei fluidi, e delle applicazioni dell'idrodinamica, non è stato pubblicato(*)

Del primo vi è una traduzione italiana pubblicata a Napoli per cura dell'Ingegnere d'Andrea, credo del 1836.

V. *De l'entrepise du pont des Invalides, Parigi, per F. Didot* 1827, *in-8 di p.* 28.

Oltre alle opere citate vi sono di Navier diverse memorie inserite negli annali di chimica, in quelli de'ponti e strade, nel bollettino della società filomatica ed altri, fra le quali:

VI. *Details hystoriques sur l'emploi des forces vives dans la théorie des machines, et sur divers roues hydrauliques.* (*An. di. Chim. ottobre* 1818).

VII. *Note sur l'action mécanique des combustibles.* (*ivi ottobre* 1818).

VIII. *Mémoire sur les lois des mouvements des fluides, en ayant égard a l'adhésion des molécules.*

Letta all'ac. delle Scienze il 18 marzo 1822. (ivi marzo, 1822).

IX. *Continuation des recherches précédentes.*

Letta all' accad. delle Scienze nella tornata de' 16 dicembre 1822 = deve essere ancora inedita. = L' assunto di queste due memorie è la ricerca delle espressioni analitiche delle forze dovute all'adesione reciproca delle molecole di un fluido ed alle molecole delle pareti, e l' applicazione dei risultamenti alla spiegazione de'fenomeni dell'efflusso dei fluidi nei tubi rettilinei.

X. *Note sur les effets des secousses imprimées aux poids suspendus à des fils, ou à des verges elastiques.*

Nel bollettino della società filomatica di Parigi = fas. di maggio 1823 pagine 73-76.

Navier lesse altresì in mezzo all'accademia delle Scienze diverse memorie, parte delle quali deve essere stampata nella raccolta degli Scienziati Stranieri di questo corpo illustre, e parte lo è diggià con quelle degli accademici. — Queste memorie sono:

XI. *Mémoire sur les roues à élever l'eau = letta il 2 novembre 1818, approvata per essere pubblicata fra quelle degli Scienziati Stranieri. il 11 gennajo 1819 sopra rapporto di Prony, Fourier e Dupin.*

XII. *Mémoire sur la flexion des lames elastiques.*

Letta il 29 novembre 1819 approvata il 4 settembre 1820, relatori Poinsot, Dupin, Prony = il rapporto si legge negli annali di Chimica, novembre 1820.

XIII. *Memoire sur la flexion des plans élastiques.*

Letta il 14 agosto 1820.

Queste tre memorie sono inedite.

Dell'ultima furono distribuite dopo la lettura alcune copie litografate = Ne è pubblicato un estratto nel bollettino della società Filomatica.

XIV. *De l'établissement d'un chemin de fer, entre Paris et le Havre.*

Letta all'accademia delle Scienze il 1 maggio 1826. Parigi Didot 1826 in-8.° di pag. 56.

Le memorie seguenti sono stampate fra quelle dell'accademia delle Scienze.

XV. *Mémoire sur les lois de mouvement des fluides (Tom. VI 1826).*

XVI. *Mémoire sur les lois de l'équilibre et du mouvement des corps solides elastiques (Tom. VII, 1827).*

XVII. *Mémoire sur l'écoulement des fluides elastiques dans les vases et les tuyaux de conduite (Tom. IX 1830).*

XVIII. *Sur un mémoire de M. Rancourt, relatif à la mésure des vitesses de la Neva.*

Relazione letta all' accademia delle Scienze il 6 dicembre 1830.

XIX. *Rapport sur un mémoire de M. Chabrier, concernant le moyens de voyager dans l'air et de s'y diriger.*

Contiene una nuova teoria del moto progressivo (Tom. XI 1832).

XX. *De l'exécution des travaux publics, et particulièrement des concessions = Parigi Carilian-Goeury, 1832 in-8.° di 32 pag. Estratto dagli annali di ponti e strade, I.° Serie 1832, memoria N.° XXXV.*

XXI. *Relazione 26 marzo 1832 all' accademia delle Scienze, intorno le sperienze di Morin sull'attrito.*

XXII. *Relazione all'accad. delle Scienze 24 marzo 1833, sopra una memoria di ulteriori sperienze sull' attrito, eseguite a Metz nel 1832 da Morin capitano d'Artiglieria.*

XXIII. *Notice sur M. Bruyère, inspecteur général des ponts-et-chaussées, ancien maître des requêtes au conseil d'état, et directeur général des travaux de Paris. Parigi Carilian 1834 in-8.° di 24 pag. Estratto dagli Ann. sud.*

XXIV. *Relazione all'accad. delle Scienze 11 gennajo 1836, sopra una memoria di Jappelli ingegnere veneto, la quale contiene la descrizione di una nuova macchina destinata ad alzar acqua. N.° CCLXXVII delle memorie inserite negli Ann. di ponti e strade per il 1836.*

Di questa macchina abbiamo fatto un breve cenno in appendice alle Note del volume antecedente.

XXV. *Note sur le mouvement uniforme des wagons dans les parties des chemins de fer qui son tracées en ligne courbe* = *N.° CCV delle memorie inserite negli annali di ponti e strade per l'anno* 1834.

XXVI. *Note sur la comparaison des avantages respectives de diverses lignes de chemins de fer, et sur l'emploi des machines locomotives* = *N.° CCXXI delle memorie degli annali suddetti per l'anno* 1835.

Questa nota comprende:

1.° *Le nozioni generali relative allo stabilimento delle strada in ferro.*

2.° *Gli elementi principali per il confronto delle diverse linee di una strada in ferro.*

3.° *La determinazione della quantità d'azione necessaria per effettuare il trasporto di un convoglio sopra una data linea di strade in ferro.*

4.° *La determinazione del peso del convoglio che può essere strascinato sopra una data linea di strade in ferro, con una macchina locomotrice di determinata forza.*

5.° *L'esame del moto uniforme del convoglio sulle diverse pendenze ascendenti o discendenti che possono incontrarsi nella linea della strada di ferro.*

6.° *L'esame del moto del convoglio che passa da una pendenza ad un' altra.*

7.° *Riassunto. Valutazione comparativa delle spese di trasporto sopra diverse linee di strade in ferro.*

Le nozioni contenute in questa nota sono estratte in parte dalle lezioni redatte per il corso della scuola di ponti e strade. —

XXVII. *Nouvelles considérations sur l'emploi des machines locomotives dans les chemins de fer, et sur l'influence des pentes diversement inclinées relativement a la dépense du transport* = *N.° CCLIII delle memorie incluse negli annali suddetti, pel* 1836. —

Queste considerazioni hanno per argomento:

1.° *La resistenza dei vagons sopra una linea orizzontale.*

2.° *Quella delle macchine locomotrici.*

3.° *L'aumento di resistenza delle macchine stesse sopra una linea orizzontale, quando strascinano altri carri,*

4.° *La resistenza totale da vincere coll'azione del vapore per trascinare un convoglio sovra una linea orizzontale, o inclinata comunque.*

5.° *La quantità totale d'acqua vaporizzata in un dato tempo nella caldaja delle macchine locomotrici.*

6.° *Il rapporto fra la quantità totale del vapore sviluppato nella caldaja e quella che passando pei cilindri, produce l'azione della macchina.*

7.° *Il limite dell'effetto che può essere esercitato dalle macchine, senza che le ruote sdrucciolino sulle rotaje.*

8.° *La determinazione della velocità del trasporto.*

9.° *Il confronto della determinazione precedente colle osservazioni fatte sul servizio ordinario delle macchine locomotrici.*

10.° *Si dimostra da che dipenda la discordanza delle formole teoricamente stabilite, colle osservazioni, e si indicano le modificazioni da applicare alle formole stesse.*

11.° *L'applicazione delle formole modificate alle macchine più comuni, e l'esposizione delle conseguenze che ne risultano relativamente al moto di un convoglio sovra diverse pendenze.*

12.° *E finalmente si confrontano le spese occorrenti per trasportare con macchine locomotrici una data quantità di mercanzie sopra diverse linee di strade in ferro.*

Abbiamo indicato parzialmente gli argomenti principali trattati nelle due ultime note, per darne un' idea adequata al maggiore interesse che devono presentare in confronto alle altre, ora che tanto si è esteso lo studio di questo nuovo ed importantissimo ramo di pubbliche costruzioni.

Come editore pubblicò inoltre,

XXVIII. *L'opera di suo zio Gauthey intitolata, Traité de la construction des Ponts. Paris* 1809 *e* 1813, 2 *vol. in*-4.°

Quest'opera rimasta imperfetta alla morte dell' Autore (1807) *fu rifusa tutta ed aumentata notabilmente dall'editore che vi aggiunse delle note sopra diversi argomenti di meccanica applicata alle costruzioni.*

Nel 1833 *fu ristampato il primo volume, riveduto e corretto dallo stesso Navier.*

Le note vi sono rifuse quasi tutte, sono corrette anche le tavole, e ve ne sono due di nuove coi disegni dei diversi ponti ed acquedotti antichi, e dei principali ponti costrutti negli ultimi anni. Con queste variazioni l'opera è ridotta alla portata delle cognizioni attuali.

XXIX. *La Science des ingénieurs di Bélidor, Parigi* 1813 *in*-4.° *ricca di molte Note.*

È il vol. II della nostra biblioteca per l'ingegnere civile.

XXX. *Memoires sur les canaux de navigation, di Gauthey, Parigi* 1816 *in*-4.°

Forma il vol. III dell'opera succitata.

XXXI. *L' Architecture hydraulique di Bélidor con note ed aggiunte Tom. I* 1819 *in*-4.°

Il lavoro dell' editore relativo principalmente al calcolo delle macchine, occupa quasi la metà del volume, che è di circa 660 *pag.*

Questo lavoro fu approvato dall'accademia delle scienze il 17 *maggio* 1819 *sopra rapporto di Poisson, Girard, Fourier e Prony.*

CADOLINI.

(*) Era già pubblicato questo elenco, quando ci venne a notizia che la vedova di Navier a grandissimo profitto delle scienze, si dispone a pubblicare le altre tre parti del riassunto delle lezioni sull'applicazione della meccanica all'ordinamento e costruzione delle macchine, che l'Autore lasciò manoscritte, onde noi ci affrettiamo a informarne i nostri lettori, sicuri che riescirà loro gradito un tale annunzio, e per assicurarli in pari tempo che non tralasceremo di approfittarne nella compilazione delle Note che abbiamo promesse.

LIBRO TERZO

TEORIA DELLE TROMBE, MODO DI MUOVERLE, E DESCRIZIONE DELLE MACCHINE PIÙ BELLE PER INNALZARE L'ACQUA

CAPO PRIMO

DELLE PROPRIETÀ DELL'ARIA, PER SERVIRE D'INTRODUZIONE ALLA TEORIA DELLE TROMBE.

786. I filosofi tutti, dacchè cominciarono a voler spiegare i fenomeni della natura, fino alla metà del secolo ultimo scorso, avevano attribuito all'orrore pel vuoto ciò che non è se non l'effetto della gravità dell'aria. Se loro chiedevasi perchè, tirando lo stantuffo di una tromba o siringa l'acqua s'innalza, rispondevano che *la natura ha in orrore il vuoto*, onde l'acqua sale nel tubo da cui si è levata l'aria piuttosto che soffrire che questo spazio non fosse empiuto di materia. Il celebre Galileo fu il primo ad accorgersi che le trombe aspiranti non possono innalzar l'acqua più di 31, o 32 piedi, benchè il tubo ne abbia oltre 40 e 50, e benchè la parte al di sopra dei 32 piedi fosse privata d'aria grossa; ne dedusse questa conseguenza soltanto che la natura non aborre dal vuoto che fino ad un certo punto, e che lo sforzo di essa per evitarlo è limitato.

787. Il suo discepolo Torricelli che gli successe come matematico del Duca di Firenze, fece in seguito un'esperienza che divenne assai famosa: prese un tubo di vetro AB, Tavola I, figura 13, lungo 4 piedi, chiuso ermeticamente ad una estremità A, lo riempì di mercurio, e turando l'altra col dito, l'immerse verticalmente in un vaso D ove pure era del mercurio, e fu molto sorpreso nel vedere che levando il dito, il mercurio del tubo cadde in parte, lasciando un vuoto AC, e rimase sospeso all'altezza di 28 pollici al di sopra della superficie del mercurio contenuto nel vaso; concepì egli che l'orrore pel vuoto è una chimera, e giudicò che l'aria dovesse essere pesante: quest'esperienza fu mandata a Parigi nel 1644 al padre Mercene che la pubblicò: ecco ciò che ha dato luogo a tutte le altre fatte da Pascal e dalle quali si è riconosciuto che la sfera dell'aria preme col suo peso tutta la superficie della terra, benchè non sentiamo questo peso perchè da esso siamo premuti egualmente da tutte le parti. Alcuni fisici avendo calcolato qual fosse la pressione dell'atmosfera sul corpo di un uomo di statura ordinaria, hanno trovato che poteva essere di 20 mila libbre.

788. Per render ragione dell'esperienza di Torricelli, si osservi che se il mercurio si sostiene all'altezza di 28 pollici circa, ciò dipende dal non esservi aria nella parte AC del tubo abbandonata dal mercurio, e che quella al di fuori preme la superficie del mercurio che è nel vaso e

non già quello del tubo che si conserva in equilibrio con quest'ultimo, il quale non è spinto in giù se non dall'azione del proprio peso; quindi *il peso di una colonna di mercurio alta 28 pollici, è eguale a quello di una colonna d'aria della stessa base ed avente per altezza quella dell'atmosfera.*

Per convincersi che l'innalzamento del mercurio nel tubo è un effetto del peso dell'aria, non si ha che a portarlo col vaso in cui è immerso in un luogo profondo; vedrassi che il mercurio si eleva insensibilmente al di sopra di 28 pollici, perchè la colonna d'aria essendo più alta, e perciò più pesante, è capace di sostenere in equilibrio un peso maggiore di mercurio: succede il contrario se si porta questa macchina alla sommità di un alto monte, mentre a misura che si va in alto vedesi discendere il mercurio ed unirsi a quello del vaso.

Quando si dice che una colonna di mercurio di 28 pollici di altezza è in equilibrio col peso medio dell'aria, si suppone il barometro collocato a livello della superficie delle acque del mare; la quale essendo dovunque egualmente distante dal centro della terra, dev' essere considerata come un punto fisso per determinare ciò che è più alto o più basso.

789. Per far meglio conoscere queste differenze, si sono espressi nella fig. 17 gli sperimenti fatti a Clermont in Alvergna da un parente di Pascal: presso questa città è una montagna alta 500 tese chiamata il *Puy-de-Dôme* ove si fecero tre osservazioni contemporanee: la prima A in un giardino di Clermont, il mercurio trovossi nel tubo a 26 pollici, 3 linee 1/2; la seconda B, circa al terzo della costa, il mercurio si trovò a 25 pollici di altezza, essendo disceso nel salire il monte 15 linee 1/2; la terza C fatta al vertice di esso ove il mercurio non si trovò che all'altezza di 23 pollici e 2 linee essendo disceso in tutto 3 pollici, una linea 1/2.

790. Ciò che abbiam detto dell'equilibrio del mercurio col peso dell'aria deve intendersi di tutti gli altri liquidi; una colonna d'acqua per esempio, si metterà in equilibrio anch'essa con una colonna d'aria; ma siccome una certa quantità d'acqua pesa 13 volte 1/2 meno di una eguale quantità di mercurio, fa duopo che una colonna d'acqua della stessa base sia 13 volte 1/2 più alta di una colonna di mercurio di 28 pollici, cioè che abbia presso a poco 31 piedi ed 8 pollici; ma si valutano d'ordinario 32 piedi.

L'aspirazione per l'innalzamento dell' acqua ne' tubi che vi sono immersi succede come vedesi nella figura 12 tirando uno stantuffo B all'insù tutto in una volta, cominciando dalla sua estremità E, da cui si scaccia l'aria con più colpi di stantuffo, come faremo vedere nel capitolo terzo; allora l'acqua sale e segue lo stantuffo fino all'altezza CD, di 31 o 32 piedi secondo lo stato in cui trovasi l'aria; e se tirasi lo stantuffo più alto di 32 piedi, l'acqua non lo segue più, e l'intervallo CB, che è fra di essi rimane vuoto, cioè privo d'aria naturale: il che succede perchè l'aria esterna preme la superficie FG dell'acqua in cui tuffa il tubo, che non trovando altro sfogo nel tubo che la rinserra se non il vuoto formato in esso tubo, vi sale finchè l'azione del peso dell'aria ha forza di sostenerla, dopo di che entrambi si conserveranno in equilibrio.

791. Conoscendo l'altezza a cui si trova una colonna d'acqua allorchè è in equilibrio con l'aria, sarà facile giudicare del peso dell'aria nello stato in cui trovasi allora; perchè se la colonna d'acqua ha per esempio

31 piedi 1/2 di altezza, e per base un piede quadrato, sarà essa di 31 1/2 piedi cubici; e siccome il pieda cubico pesa 70 libbre (360) si può dire che la colonna d'aria peserà allora libbre 2205.

792. Se si ha un barometro al piede di un monte ed il mercurio vi sia sospeso all'altezza di 28 pollici, è evidente che il peso di tutta la colonna d'aria sarà eguale a quello di 28 pollici di mercurio; se poscia si porta il barometro a 10 tese più alto ed il mercurio a tale altezza sia disceso di una linea, coma ciò avverrà difatti, la colonna restante che non sarà più se non 27 pollici ed 11 linea sarà in equilibrio con quella dell'aria la cui base corrisponde a 10 tese al di sopra dell'orizzonte, per conseguenza il peso della linea di cui è disceso il mercurio è eguale a quello di una colonna d'aria di 10 tese d'altezza al piede dalla montagna che avesse per base quella che il mercurio ha nel tubo; se si fa una seconda osservazione a 10 tese sopra la prima, ed il mercurio vi sia disceso 5/6 di linea, si potrà conchiudere che la colonna d'aria che corrisponde a quest'altezza è eguale al peso del mercurio sospeso nel barometro, cioè di 27 pollici, 10 linee ed 1/6 di linea, e che il peso della colonna d'aria alta 10 tese, compresa fra la prima e la seconda ossarvazione è di 5/6 di linea: si potrà dunque con tale stromento misurare il peso di un volume di aria alto 60 piedi, preso a diverse distanze dalla terra, e conoscere il rapporto del peso di un dato volume d'aria a quello di un pari voluma d'acqua. Siccome un piede cubico di mercurio ha un peso medio di 946 libbre (343) dividendo questo numero per 144 si avranno 6 libbre e 9 once pel peso di una linea di mercurio avente un piede quadrato di base, e per conseguenza quello di una colonna d'aria dalla stessa base, la cui altazza fosse 60 piedi: dividendo ancora 6 libbre e 9 once per 60 si avrà un'oncia e 6 dramme pel peso di un piede cubico di quest'aria, supponendola uniforma per l'altezza di 10 tese. Se si vuol conoscere il rapporto del peso dall'aria a qoello dell'acqua, non avrassi che a ridurre a 40 libbre il peso di un piede cubico d'acqua in dramme, e se ne troveranno 8960; e siccome il piede cubico d'aria pesa 14, si potrà dire adunque che il suo peso sta a quello dell'acqua, come 14 a 8960, o coma 1 a 640.

793. Mariotte ed Homberg hanno fatto insieme molte sperienze nel 1684 su questa materia, ed hanno trovato che il peso dell'aria sta a quello dell'acqua, come 1 a 630; poscia molti dotti hanno pure cercato questo rapporto, ma non si sono sempre perfettamente incontrati, perchè l'aria dilatandosi pel calore e condensandosi pel freddo, uno stesso spazio ne comprende più o meno in un tempo cha nell'altro; ma se non si ha riguardo alle variazioni, se ne può concludere cha è 640 o 630 volte più rara o più dilatata dell'acqua.

Riguardo alle diverse altezze del mercurio nel barometro secondo le diverse temperature dell'aria, sembra sorprendente il vadere che quando l'aria è pregna di vapori ed è prossima la pioggia, il marcurio discenda; quando sembra che la colonna d'aria che pèsa immediatamente sul mercurio dalla parte dal tubo che è aperta, debba essere la più pesante ed al contrario il mercurio s'innalza di più quando l'aria diviene pura a serena.

794. Leibnitz attribuisce la discesa del marcurio nel baromatro quando deve piovere ad una cagione assai naturale che mi sembra più soddisfacente di tutte le ipotesi che sono pervenute a mia cognizione. Per intenderla,

bisogna ricordarsi ciò che è stato detto nell' art. 630, che un corpo estraneo in un liquido fa parte del peso di esso finchè vi galleggia; ma che nell' istante in cui discende, il suo peso non fa più parte assolutamente di quello del liquido, il quale perciò pesa meno sul fondo del vaso che lo sostiene.

Parimenti finchè le particelle impercettibili d' acqua in quantità prodigiosa sono sostenute nell' aria, esse ne aumentano il peso che allora preme di più la superficie dei corpi su cui poggia, e perciò il mercurio del barometro è costretto a salire; ma tosto che le particelle dell' acqua sono in numero sufficiente per acquistare un peso superiore a quello dell' aria che le sostiene, esse discendono, se ne uniscono molte insieme e formano goccie che cadendo cessano di far sì gran parte del peso dell' aria, che non premendo più con tanta forza la superficie dei corpi su cui poggia, il mercurio discende; su la qual cosa devesi osservare che come avviene di spesso che le particelle dell' acqua più elevate, cadendo molto lentamente impiegano un tempo considerevole prima di unirsi alle inferiori, il peso dell' aria diminuisce prima della pioggia, ed il barometro predice ciò che deve succedere nell' atmosfera.

795. Una delle principali proprietà dell' aria è quella di poter essere estremamente condensata e di conservar sempre una virtù elastica per cui esercita uno sforzo onde respingere i corpi che la premono; perocchè l' aria corrispondente alla superficie della terra è ben lungi dall' essere nel suo stato naturale; essendo aggravata di tutto il peso dell' atmosfera è più densa della più elevata. Per dare di ciò un' idea, supponiamo un grande ammasso di lana cardata di considerevole altezza; è indubitato che la lana che è al di sotto essendo aggravata del peso di tutta quella che sostiene, non sarà così soffice come quella che è alla sommità; perciò quella al di sotto farà altrettanto sforzo per rimettersi nel suo stato naturale come quella al di sopra fa per comprimerla: l'aria è precisamente nello stesso caso a qualunque altezza si prenda; la colonna che è sotto una tavola, per esempio, fa tanto sforzo per ispingerla in su, come quella che è sopra la tavola ne fa per premerla d'alto in basso; altrimenti se le due colonne non fossero in equilibrio e l'azione della superiore potesse agire da sola, la tavola avendo soltanto 20 piedi quadrati di superficie sarebbe aggravata di un peso di 44000 libbre, peso che non potrebbe sostenere senza rompersi; così i tetti delle case ed i tavolati degli appartamenti non resisterebbero giammai al peso immenso di cui sono aggravati se non si trovassero sempre fra due colonne d' aria, l' inferiore delle quali per la sua elasticità è in equilibrio con quella che la preme.

È da osservare che *l'elasticità dell'aria agisce in tutti i sensi con forza eguale*, al pari dei liquidi: (343) che questa forza essendo sempre eguale al peso della colonna di mercurio equivalente, che avesse la stessa base, e per altezza 28 pollici, o ad una colonna d'acqua di 32 piedi, si conoscerà sempre la forza di questa elasticità che sarà eguale al peso di questa colonna la cui base è determinata dalla superficie del corpo contro cui agirà: per esempio l' aria naturale rinchiusa in una cassa cubica, di cui ciascuna faccia avesse interiormente un piede quadrato, spingerà ciascuna di queste faccie per separarle con una forza di elasticità equivalente a 2205 libbre quando il barometro è alla sua media altezza: e le separerebbe

sicuramente se l'aria di fuori fosse annientata, o la sua elasticità fosse molto minore dell'interna; quindi d'ora in poi *prenderemo indifferentemente il peso dell' aria per esprimere la forza della sua elasticità* o *l'elasticità pel suo peso*. Quando saremo in un luogo più elevato o più basso del livello del mare, si potrà sempre giudicare presso a poco della forza dell'elasticità dell' aria in questo punto coll' elevazione del barometro che vi si sarà recato.

796. Conoscendo il peso e l'elasticità dell'aria è facile spiegare varj fenomeni della natura che gli antichi attribuivano all'orrore pel vuoto: per esempio l'esperienza fa vedere che se si hanno due corpi assai levigati, come due cristalli da specchio applicati l'uno contro l'altro e si tocchino in tutte le parti delle loro superficie, si trova molta difficoltà a separarli perchè non essendovi aria fra loro la cui elasticità possa equilibrare la colonna che preme i due corpi col proprio peso, bisogna superare il peso di tutta la colonna avente per base la superficie che tocca l'altra, figura 1.

Del pari se si ha un soffietto chiuso la cui canna e la valvola sieno ben turate e si attacca una delle ale contro una superficie orizzontale o verticale, non si può aprire il soffietto, cioè allontanare l' altra ala dalla precedente, senza vincere la resistenza di una gran parte della colonna d'aria, avente per base una delle ale del soffietto; perocchè siccome non rimane nell'anima di esso se non pochissima aria, quando si gonfia il soffietto, quella che vuole occuparne il posto non potendo rientrare nella capacità interna, resiste con una forza che si potrebbe credere appena se l' esperienza non la confermasse (figura 15 e 16).

797. Per ispiegare come il peso dell' aria fa passar l' acqua da un vaso ad un altro per mezzo di un sifone, bisogna sapere che il vaso D in cui vi è dell'acqua deve essere un poco più elevato dell'altro E in cui si deve versare, figura 15, e che il sifone A che non è altro se non un tubo di rame o latta, ha uno de'suoi bracci B più breve dell'altro C; per farne uso si riempie il sifone di acqua onde cacciarne l' aria, poscia se ne turano esattamente le estremità, si capovolge il sifone, s'immerge nel vaso D il braccio più corto, e si stura nell'acqua stessa; si apre anche l'altra estremità C, e vedesi allora tutta l'acqua di un vaso passare nell'altro, il che proviene dall' essere maggiore l'altezza dell' acqua nel braccio C che nell' altro B: perocchè primieramente l'aria agisce da una parte e dall'altra per far salire l'acqua più alta del vertice A del sifone, ma è respinta con maggior forza dall'acqua del braccio C che da quella dell' altro B, sebbene la colonna d'aria corrispondente al braccio C sia un poco più alta di quella che agisce sul braccio B; ma siccome la differenza di queste due colonne è un oggetto troppo picciolo per indurre una sensibile disuguaglianza nei loro pesi, avendo per esempio il braccio B 12 pollici e l' altro C 13, la differenza delle due colonne d'acqua sarà di un dodicesimo delle loro altezze; vedesi allora che l'acqua del braccio B rapporto al proprio peso sarà spinta di più in alto dall'aria di quello che l'acqua del braccio C lo sarà rapporto al proprio; quindi l' acqua di quest' ultima discenderà, e quella dell' altro trovando da introdursi nel tubo, sarà costretta a passarvi finchè ve ne sarà nel vaso superiore per effondersi nell' inferiore: il che avverrà con ogni specie di sifone di qualunque grandezza, purchè il braccio più breve sia minore di 30 o 31 piedi.

798. Ecco un' altra picciola sperienza per dimostrare il peso dell'aria, o

se si vuole, la forza della sua elasticità, sperienza che ognuno è in caso di ripetere; si riempie di liquido un vaso di vetro finchè sormonti gli orli, e coperto con un pezzo di carta umettata che si preme con la mano per adattarla bene agli orli, si rovescia in alto la tazza e vedesi la carta sostenere il liquido contenuto nel bicchiere, senza che ne sia sparsa una goccia, perchè l'aria preme di sotto in su'la carta con forza maggiore di quella che ha il liquido per discendere.

799. La macchina per operare il vuoto, che dicesi pneumatica è tanto utile nelle ricerche fisiche da non ometterne la descrizione per non lasciar nulla da fantasticare a quelli che non hanno veduto questa macchina. Essa è composta di una tavoletta di rame ABC, figura 2, che può avere 10 in 12 pollici di diametro, sostenuta orizzontalmente da tre braccia di ferro E che mettono capo ad un cerchio F G il quale abbraccia il corpo di una siringa FGHI; questa siringa attraversa un disco di legno KL, a cui è saldamente attaccata, ed il tutto è sostenuto da tre piedi M collegati insieme da braccia di ferro che si riuniscono ad un cerchio N per maggiore solidità.

Lo stantuffo della siringa si fa talvolta di legno coperto di filaccie o di animelle di cuojo e di feltro alternate, premute insieme come un tacco da scarpa; lo stantuffo è attaccato ad un'asta di ferro O P alla cui estremità vi è una staffa S che serve a mettervi il piede nel tempo dell'aspirazione.

Alla testa della siringa è attaccato un robinetto V di rame chiuso con una chiave *y;* questa chiave è traforata trasversalmente come quelle delle fontane comuni; e ad eguale distanza dalle due estremità del foro, su la superficie della chiave da una parte soltanto, vi è una incavatura A, larga mezza linea e profonda una.

La Tavoletta A C ha un foro X nel mezzo saldato con l'orifizio di un picciolo tubo, la cui altra estremità corrisponde al robinetto; si applica su la tavoletta un pezzo di cuojo inzuppato su cui si posa una campana di vetro Z, chiamata recipiente, di cui ecco l'effetto.

800. Supponendo che lo stantuffo Q, figura 4, tocchi immediatamente la testa della siringa, si gira la chiave *y* per lasciar libera la comunicazione fra il recipiente e la siringa; allora l'aria naturale che era nel corpo della siringa essendo stata scacciata, quella del recipiente trovando da dilatarsi si spande nel corpo della siringa; di modo che se si suppone per un momento che la capacità della siringa sia eguale a quella del recipiente, occupando uno spazio doppio, essa è dilatata una volta di più ovvero ha la metà della densità di quella che respiriamo, poichè non ne può essere entrata dell'altra. Quando lo stantuffo è al basso si volge la chiave *y* in un altra direzione per interrompere la comunicazione fra il recipiente e la siringa; se allora si leva il piede dalla staffa S, l'elasticità dell'aria spinge lo stantuffo allo insù, lo fa risalire finchè l'aria della siringa sia ridotta allo stesso grado di condensazione di quella al di fuori; e se si spinge l'asta dello stantuffo per farla salire verso la testa della siringa, l'aria del corpo della siringa diverrà più compressa di quella di fuori ed uscirà per la fenditura A della chiave *y;* se volgesi di nuovo la chiave in altro senso, e si fa discendere lo stantuffo l'aria che era rimasta nel recipiente, figura 5, si dilaterà di nuovo una volta di più, e non avrà che il quarto della elasticità che aveva nello stato naturale; ripetendo più volte la stessa operazione, si giungerà a sottrarre dal recipiente la più gran parte dell'aria naturale perchè non bisogna

calcolare sul vnoto perfetto; ciò che si può fare si è d'aumentare sempre più la dilatazione con un maggior numero di colpi di stantuffo.

801. Per conoscere dopo un certo numero di colpi di stantuffo, quanto l'aria rimasta nel recipiente è più dilatata di quella che vi era rinchiusa, bisogna osservare che *la dilatazione dell' aria rinchiusa nel recipiente qualunque siasi, sta sempre alla dilatazione di quella che vi rimane immediatamente dopo ciascun colpo di stantuffo, come la capacità del recipiente sta a quella della siringa e del recipiente presi insieme;* d' onde segue che la dilatazione dell'aria aumenta dopo ciascun colpo di stantuffo come crescono i termini di una progressione geometrica, il cui rapporto sarebbe come la capacità del recipiente e quella della siringa e del recipiente presi insieme.

Chiamando a la capacità del recipiente; b quella della siringa e del recipiente, si avrà $\div\div\; a : b' : \frac{b^2}{a} : \frac{b^3}{a^2} : \frac{b^4}{a^3} : \frac{b^5}{a^4}$ ecc. i cui esponenti nei numeratori di ciascun termine rappresentano il numero de' colpi di stantuffo, mentre i termini esprimono la dilatazione dell'aria rimasta nel recipiente; ma si sa che puossi trovare quel termine che vuolsi di una progressione geometrica conoscendo i due primi; per esempio per avere quello che corrisponde al quarantesimo colpo di stantuffo, innalzo il primo ed il secondo termine alla quarantesima potenza, e chiamando x quello che si cerca, avrassi $a^{40} : b^{40} :: a : x$; e se invece di a si prende l' unità per esprimere l'aria naturale rinchiusa nel recipiente, la proporzione sarà $a^{40} : b^{40} :: 1 : x$, che dà $\frac{b^{40}}{a^{40}} = x$. Supponendo che la capacità del recipiente sia sestupla di quella della siringa, il loro rapporto sarà come 6 a 1, per conseguenza si avrà $a = 6$, $b = 6 + 1 = 7$. Per conoscere il valore di x o di $\frac{b^{40}}{a^{40}}$ bisogna far uso dei logaritmi onde abbreviare il calcolo che diverrebbe molto penoso se fosse duopo innalzare il numero 6 e 7 alla 40 potenza; l' operazione sarà rappresentata da log. $x = 40$ log. $b - 40$ log. a, ossia sostituendo i numeri alle lettere, log. $x = 40$ log. $7 - 40$ log. 6; *cioè bisogna prendere nelle tavole i logaritmi dei numeri* 7 *e* 6, *che sono* 8450980, *e* 7781512, e *moltiplicare la loro differenza che è* 669468 *per* 40, *ond' avere* 26778720, *logaritmo del numero cercato il quale corrisponde a* 476; si avrà dunque $a^{40} : b^{40} :: 1 : 476$, il che fa vedere che dopo il quarantesimo colpo di stantuffo l'aria del recipiente sarà 476 volte più dilatata di quella che vi era rinchiusa.

802. Quando si conoscerà il rapporto della capacità del recipiente a quella della siringa si potrà anche trovare quanti colpi di stantuffo si dovranno dare per dilatare fino ad un certo punto determinato l'aria del recipiente. Chiedesi per esempio di dilatarla 476 volte più che non era nel sno stato naturale: chiamo x il numero di colpi di stantuffo che bisognerà dare; d la quantità di volte di cui si vuole che l'aria sia più dilatata di qnella che respiriamo: suppongo qui pure $a = 6$ e $b = 7$; la quistione si riduce a trovare l' esponente di una proporzione simile a quella dell' articolo precedente; perchè si avrà $a^x : b^x :: 1 : d$, ovvero $\frac{b^x}{a^x} = d$; ora se in luogo delle quantità a, b, d, si prendono i loro logaritmi, si avrà

log. $d = x$ log. $b - x$ log. a; e sostituendo i valori numerici log. $d = x$ log. $7 - x$ log. 6; e quindi $x = \frac{\log. d}{\log. 7 - \log. 6}$, oppure $x = \frac{26778720}{8450980 - 7781512}$ od $x = \frac{26778720}{669468} = 40$; *il che fa vedere che bisogna dividere il logaritmo di 476, (cioè del numero che esprime la quantità di volte di cui si vuole che l'aria sia più dilatata della naturale) per la differenza dei due logaritmi dei numeri che esprimono uno la capacità del recipiente, l'altro quella del recipiente e della siringa prese insieme.*

803. Del pari se si volesse dilatar l'aria del recipiente soltanto cento volte più che non lo è naturalmente, supponendo $d = 100$, avremo ancora, prendendo il logaritmo di questo numero, che è 20000000

$$x = \frac{20000000}{8450980 - 7781512} = 32,$$

cioè che bisogna dare 32 colpi circa di stantuffo.

Vedrassi in seguito, quanto importi per far uso della macchina pneumatica, sapere a qual punto siasi dilatata l'aria in una sperienza più o meno che nell'altra, onde poterne fare il confronto; del resto non mi sono trattenuto a dare una descrizione molto esatta di questa macchina, perchè trovasi in molti autori, e principalmente nel libro di Poliniere su le sperienze fisiche, che ne dà tutte le dimensioni. Ecco alcuni esperimenti che potranno dare un' idea del modo onde si fanno le altre.

804. Se si pone un picciolo animale sotto il recipiente, a misura che se ne leva l'aria, vedesi cadere in deliquio mentre quella che ha nei polmoni e nel sangue cessando di essere in equilibrio con quella cui è solito di respirare, si dilata ed impedisce che la circolazione del sangue succeda come al solito; se si continua a dilatar l'aria ancora di più, l'animale muore; e se si ha cura di numerare i colpi di stantuffo dati per farlo morire si può in seguito trovare col calcolo, quanto fu duopo dilatar l'aria onde non fosse più respirabile per quest' animale; ma bisogna osservare che siccome l'aria contenuta nel recipiente non è sempre la stessa, potendo trovarsi più o meno condensata una volta che l'altra, non si può paragonare la dilatazione che ha servito a quest' esperienza o a qualunque altra se non con lo stato naturale dell' aria nell' istante in cui è succeduta l'esperienza; a meno che non si faccia uso del *manomètro*, che è uno strumento immaginato da Varignon con cui si misurano i diversi gradi di dilatazione dell' aria in diversi tempi e che fa conoscere non solo come l'aria primitiva che si è rinchiusa nella macchina sarà stata dilatata da un certo numero di colpi di stantuffo; ma pure quanto un' aria primitiva che si fosse rinchiusa per un certo tempo sarebbe stata più o meno rarefatta da sè stessa, di quella che vi si fosse rinchiusa in un altro tempo; il che dà un mezzo infallibile di paragonare le sperienze che meritano molta precisione; perocchè, come osserva Fontenelle, *Memorie dell' Accademia* 1705, parlando del manometro, non bisogna valutare che il barometro ed il termometro possano servire in simili casi; mentre il primo indica la rarefazione proveniente dal peso dell' atmosfera, e l'altra quella che procede dal calore; e siccome queste due cagioni agiscono insieme entrambe, e si modificano l'una e l'altra, esse pongono l'aria in uno stato di rarefazione che non è nè quello indicato dal barometro, nè quello che segna il termometro;

bisogna dunque avere un terzo istromento che possa segnare il grado di rarefazione dell' aria tale come è prodotto ad ogni istante dalle due cagioni diverse che partecipano a questo effetto, e che possa fare nello stesso tempo le funzioni delle altre due.

805. Si può anche dilatar l' aria del recipiente fino ad un certo punto determinato in modo semplicissimo, facendo uso di un barometro disposto espressamente; perocchè il peso dell' atmosfera essendo in equilibrio con una colonna di 28 pollici di mercurio, se la stessa aria fosse doppiamente dilatata che non lo era naturalmente, non sosterrebbe che una colonna di 14 pollici, ed una di 7 se fosse dilatata 4 volte più del consueto; siccome non puossi far uso del termometro comune per essere troppo grande ond' esser messo nel recipiente, si potrà farne uno la cui altezza non sia che di 8 pollici tutto pieno di mercurio dividendo coma si usa, in un numero di parti eguali l'altezza di 7 pollici; si estrarrà l'aria finchè il mercurio sia all' altezza di 7 pollici al di sopra di quella dell' orifizio, allora sarà essa quattro volte più dilatata che non era nel suo stato medio e continuando a far agire la tromba si dilaterà in quella proporzione che vorrassi oltre la precedente osservando le divisioni segnate lungo il tubo; se si prosegue ad estrar aria finchè si vedrà che il mercurio si avvicina ad essere a livello da una parte e dall' altra, vedrassi sensibilmente quanti colpi di stantuffo bisogna dare per estrarne tutta l'aria più densa.

806. Abbiasi una bottiglia in cui sia del mercurio fino all' altezza A B, figura 11, ed un tubo E F aperto alle sue estremità una delle quali s' immerge nel mercurio fino verso il fondo, e la superficie del tubo e il collo della bottiglia sieno intimamente uniti in modo che l'aria non possa uscire dalla bottiglia; quando quella del recipiente si dilata, vedesi che il mercurio s' innalza nel tubo per la forza dall' elasticità dell' aria che è nella bottiglia, la quale cercando essa pure di dilatarsi preme la superficie del mercurio, che non essendo premuta ov' è il tubo, il mercurio è costretto a salire finchè l'uno e l'altra sieno in equilibrio.

807. Se si mette della polvere da cannone e s' accende a traverso il recipiente con un vetro ardente, invece d' infiammarsi con detonazione non fa altro che fondersi o bollire, perchè mentre il nitro e lo zolfo si fondono pel calore, l'aria che era rinchiusa nei grani si rarefa sfugge e produce il sobbollimento, il che dimostra ad evidenza, come ho procurato di far intendere nel *Bombardiere francese: che la polvere infiammata non è se non un fuoco il quale ha la proprietà di metter l'aria in azione, e di rompere rapidamente la sua elasticità, e che soltanto l' aria in tal modo rarefatta produce tutti gli effetti che si attribuiscono unicamente alla polvere, ma assai male a proposito, poichè essa tralascia di agire tosto che le mancano le molecole di aria:* siccome l'aria è più o meno elastica secondo che è più o meno rarefatta, e che il calore, il freddo, l' umido vi producono continuamente mutazioni considerevoli, non è da maravigliarsi che la stessa polvere produca tante ineguaglità ne' suoi effetti, poichè si risente di necessità di tutte le variazioni dell'aria; perciò le sperienze relative all'artiglieria hanno bisogno di una precisione molto superiore a quella che vi si dà ordinariamente, poichè non si può conoscere da qual parte nascano i cangiamenti che sopravvengono se non osservando in pari tempo quelli che succedono all' aria; di modo che ponderando bene si può dire che l' arte di lanciar bombe

diviene l'oggetto, non solo di una geometria al di sopra dei principj comuni, ma ancora di una fisica dilicatissima.

808. Si fa uso pure della macchina pneumatica per conoscere il peso di un certo volume d'aria onde paragonarlo a quello di un simil volume che sia più o meno dilatato; prendesi un pallone di vetro, od una bottiglia il collo della quale si adatta esattamente al tubo della siringa onde estrarne l'aria come fassi per quella del recipiente; e dopo averne indebolita l'elasticità quant'è possibile, si chiude il tubo e si separa dalla siringa: si pesa la bottiglia in tale stato con bilance molto sensibili ed esatte dopo di che si apre il tubo e lascissi entrare l'aria naturale; si pesa il tutto di nuovo una seconda volta; la differenza dei due pesi dà quello dell'aria contenuta nella bottiglia, della quale è facile conoscere il volume pel peso della quantità d'acqua che può contenere (626): in tal modo Homberg ha trovato con esperienze fatte con molta esattezza *che un piede cubico d'aria pesava in estate 7 grossi e 9 grani, ed in inverno 14 grossi e 19 grani circa;* cioè un poco più di un'oncia e 6 grossi; che è lo stesso peso da noi trovato pel calcolo del barometro nell'articolo 792; *quindi si può conchiudere che in Francia l'aria non pesa in estate se non la metà di ciò che pesa in inverno:* una differenza così grande, secondo Homberg, procede dal maggior movimento della materia sottile che produce un calor più grande e separa in estate le molecole dell'aria le une dalle altre e dà ad esse un mezzo di spiegare la loro elasticità; ed invece in inverno essendovi minor quantità di questa materia sparsa nell'aria, o quella che vi si trova avendo minor moto, le molecole si avvicinano reciprocamente, e per conseguenza se ne trovano di più in uno stesso volume, quindi l'aria pesa più o meno secondo la quantità di materia estranea di cui è aggravata; nei grandi calori dell'estate è più leggiera perchè contiene della materia sottile ed in inverno pesa di più perchè ne contiene molto meno. Da questo ragionamento e dall' articolo 807 consegue che la polvere da cannone deve avere molto minor forza in estate che in inverno perchè trova un numero molto minore di parti d'aria da rarefare, ed è questo che ho provato con un gran numero di sperienze.

Nondimeno il mercurio del barometro è sempre elevato a 27 o 28 pollici in una stagione come nell'altra, invece che a quanto sembra dovrebbe in inverno essere innalzato il doppio dell'estate; tale effetto procede da questo che la colonna d'aria che pesa su l'orifizio del pezzetto del barometro è sempre nella sua totalità di un peso presso a poco eguale in qualunque siasi stagione; ma che è dilatata di un doppio circa nell' estate più che nell'inverno; come succede nei liquidi, dei quali una certa misura non lascia di eguagliare il peso proprio, benchè sia tutta messa in ispuma.

809. Da ciò che precede si può conchiudere che non si ha mai il vero peso dei corpi che hanno molto volume; come le balle di lana, di cotone, di crini, ec.; poichè queste sono pesanti meno nell'aria che nel vuoto di tutto il volume d'aria di cui occupano il posto; e tanto meno quanto più quest' aria è pesante; quindi è più vantaggioso comperare queste merci nell'inverno che nell'estate.

810. Si ha un eguale interesse se si tratta di liquidi che si vendono a misura di comperarli piuttosto in inverno che in estate, poichè uno stesso vaso ne conterrà di più; vedesi per esempio nella Tavola dell'art. 339

che il piede cubico di vino di Borgogna pesa in estate 66 libbre 9 once, ed in inverno 68 libbre e 1 oncia, differenza di 24 once ogni piede cubico; e siccome il moggio ne contiene 8, ne segue che in inverno conterrà 12 libbre di vino o circa 6 pinte di Parigi più che in estate: vedasi adunque se la fisica è una scienza di mera curiosità.

811. La rarefazione dell' aria può divenire considerabilissima giudicandone dalle conseguenze che si sono dedotte da molti sperimenti. Mariotte che ne fece più di ogni altro, riferisce che un certo volume d'aria di quella che respiriamo, deve essere dilatata 4000 volte per essere nella sua naturale estensione; cioè che se fosse possibile portare un piede cubico d'aria alla superficie della terra all'alto dell'atmosfera occuperebbe uno spazio di 4000 piedi cubici.

812. Da tutto ciò che precede si è dovuto vedere che l' elasticità dell'aria diminuisce a misura che è più dilatata, ed è naturale conchiudere che deve al contrario aumentare a misura che è più condensata; infatti se l'atmosfera fosse premuta da qualunque siasi cagione, le molecole dell'aria si avvicinerebbero più le une alle altre, farebbero maggior sforzo che non sogliono fare per rimettersi nel loro stato naturale; cioè che avrebbero maggior forza di elasticità e sosterrebbero una colonna di mercurio più alta di 28 pollici. Mariotte e molti altri dopo di lui hanno fatto delle sperienze per vedere *se l'elasticità dell'aria aumenta in proporzione del peso di cui è aggravata*, come si aveva fondamento di presumere, ed hanno trovato che ciò sussiste.

Prendasi un tubo di vetro A B D I ricurvo, figura 7, la cui estremità A del braccio picciolo deve essere chiusa ermeticamente; per l'altra estremità I, si versi del mercurio onde riempire la parte inferiore B D del tubo, osservando che non entri nel braccio A B più aria che non ve n'era prima, acciò quella che vi si rinchiude rimanga in equilibrio per la sua elasticità con 28 pollici di mercurio, se il barometro è a questa altezza nel luogo in cui si fa l' esperienza: continuando a versar del mercurio si sosterrà ad ineguali altezze nei due bracci; perchè quello che passerà nel più breve A B venendo ad occupare una parte del posto dell' aria che vi si trova, questa non avendo nessuna apertura per isfuggire, si ridurrà ad un volume più picciolo; e supponendo che non occupi più se non A F, metà di A B, conducendo la linea orizzontale F G, vedrassi che il mercurio si sosterrà all' altezza G H di 28 pollici, e siccome le due colonne F B e G D sono in equilibrio fra loro, l'elasticità dell' aria contenuta nello spazio A F sarà eguale al peso di 28 pollici di mercurio G H, più a quello dell'atmosfera che preme la superficie H M, per conseguenza al peso di 56 pollici di mercurio.

Se si continua a versarne finchè l'aria sia ridotta allo spazio A K metà di A F, o il quarto di A B, conducendo la linea orizzontale K L vedrassi che il mercurio sarà salito fino all' altezza L O di 84 pollici, ai quali aggiugnendo 28 pollici, peso dell' atmosfera, si avranno 112 pollici per la colonna di mercurio equivalente alla forza di elasticità dell' aria ridotta nello spazio A K; il che dimostra che la sua elasticità aumenta nella proporzione dei pesi di cui è aggravata, o nella ragione inversa della diminuzione del suo volume, d' onde si deduce questo principio generale.

813. *Che il prodotto dello spazio occupato da un certo volume di aria*

pel peso che sostiene in questo stato, è sempre eguale al prodotto dello spazio in cui si è condensata, pel peso che sostiene allora.

Quindi prendendo il numero 28 per esprimere la colonna di mercurio che è in equilibrio con l'elasticità dell'aria, se il barometro è a quest'altezza nel momento dell'esperienza, si avranno sempre quattro termini reciprocamente proporzionali, de' quali sarà sempre facile avere l'incognito. L'aria ha pure questa proprietà che essendo condensata, la forza della sua elasticità non si indebolisce in conseguenza del tempo. Roberval avendo caricato un archibugio a vento come al solito lo lasciò intatto per sedici anni dopo i quali fu sì grande il suo effetto come se fosse stato caricato al momento.

814. Riguardo alla dilatazione dell'aria, l'esperienza fa vedere anche che *la forza della sua elasticità diminuisce in ragione inversa dell'aumento del suo volume;* cioè che un certo volume d'aria venendo ad occupare uno spazio doppio o triplo non si avrà più che la metà od il terzo della forza di elasticità che si aveva prima: ecco in qual modo se ne può convincere.

Si prenda un tubo di vetro che supponiamo di 38 pollici, chiuso ermeticamente ad una estremità, figura 9, in cui si versa del mercurio senza empierlo interamente, onde lasciarne una parte occupata dall'aria che se vuolsi sarà di due pollici; mettendo poscia il dito sul foro aperto, si rovescia il tubo per immergerlo in un vaso E F in cui vi è del mercurio; appena l'aria che vi si è lasciata guadagna l'alto del tubo, il mercurio discende e si sostiene sospeso ad un'altezza C B al di sotto di 28 pollici, perchè non è solo nel tubo a sostenere il peso dell'atmosfera essendo ajutato dall'aria che è con esso, la quale trovando di dilatarsi nello spazio abbandonato dal mercurio perde una parte della forza di elasticità che aveva prima; nondimeno quella che gli rimane, unita al peso del mercurio del tubo, facendo equilibrio con l'aria esteriore; se il mercurio è rimasto all'altezza di 24 pollici al di sopra della superficie di quello del vaso, la forza dell'elasticità dell'aria compresa nell'altezza A B non potrà più fare equilibrio se non con una colonna di 4 pollici di mercurio, cioè con la settima parte di quella che sosteneva prima; quindi invece di occupare uno spazio di 2 pollici, che è quello in cui si era ristretta dapprima, ne occuperà uno di 14, ovvero sette volte più grande, d'onde si deduce ancora questa regola generale.

815. *Che il prodotto dello spazio che occupa l'aria pel peso che sostiene nello stato in cui si trova riguardo al barometro, è sempre eguale al prodotto dello spazio in cui si è dilatata pel peso di cui allora è capace la sua elasticità;* il che dà quattro termini reciprocamente proporzionali, di cui sarà sempre facile conoscere quello che mancherà.

Su questo principio si è trovato il modo di fare i barometri in cui l'atmosfera non sostiene che 4 pollici di mercurio, perchè il tubo rimanente, che è circa due pollici, invece di essere privo di aria naturale come al solito, ne contiene di quella la cui elasticità è in equilibrio con 24 pollici di mercurio, che sommati con 4 pollici equivalgono ad una colonna di 28; quindi allorchè l'aria esterna cangia per le ordinarie cagioni, l'aria del tubo si condensa o si dilata, ed il mercurio sale o discende tanto sensibilmente come nei barometri comuni, di cui d'ordinario si fa uso; nondimeno i piccioli non mi sono mai sembrati tanto esatti.

816. Si può conchiudere che per poca aria che vi sia nello spazio B C,

figura 12, compresa fra lo stantuffo e la superficie dell'acqua, in un tubo d'aspirazione, la colonna D C non giugnerà all'altezza di 32 piedi benchè il peso dell'aria esterna sia allora equivalente a questa colonna, perchè l'elasticità dell'aria dello spazio B C, comunque si dilati, agirà sempre su la superficie C; è vero che a misura che s'innalzerà vieppiù lo stantuffo, l'acqua salirà sempre più, ma senza mai pervenire all'altezza da noi indicata; questo articolo diverrà essenziale allorchè parleremo delle trombe aspiranti.

817. L'aria ha pure la proprietà di aumentare considerabilmente la forza della sua elasticità per l'azione del calore; bisogna concepire che il calore consiste in una infinità di particelle infinitamente agitate, che venendo a penetrare i corpi che contengono aria s'insinuano fra le molecole, che occupano allora un volume assai più grande di prima se nulla fa ostacolo ad esse: ma se sono ritenute e quasi imprigionate dalla resistenza di qualche corpo esse fanno uno sforzo da ogni parte contro gli stessi corpi per allontanarli e questa è la cagione dei sorprendenti effetti della polvere da cannone e dei fuochi sotterranei: ora siccome più sarà grande il numero delle molecole, essendo rinchiuse, più sarà considerevole la loro forza elastica quando saranno messe in azione dal calore; *ne segue che rarefacendosi l'aria condensata ha una forza di elasticità assai più grande che se fosse in equilibrio con quella che respiriamo; e che quindi la forza elastica dell'aria rinchiusa aumenta ancora nella ragione inversa della diminuzione del suo volume, benchè rarefatta con uno stesso grado di calore.*

818. Ciò nondimeno devesi osservare che se l'aria che si rarefà pel calore fosse capace col suo elaterio di estendere la capacità del luogo in cui è rinchiusa, la forza della sua elasticità diminuirebbe in ragione dell'aumento del suo volume: per esempio se si suppone che l'aria rinchiusa in un globo di un piede di diametro essendo rarefatta ad un certo punto, ne avesse aumentato la capacità fino ad avere due piedi di diametro, la forza della sua elasticità non sarà più che l'ottava parte di ciò che sarebbe stato se la superficie del globo fosse rimasta inestensibile; del pari se si avesse un cilindro vuoto con uno dei cerchi che serve di base inestensibile, e l'altro opposto ad esso potesse allontanarsi per ingrandire la capacità del cilindro, l'aria interna dilatandosi senza trovare nessuna apertura per fuggire, la forza della sua elasticità sarà diminuita nella ragione dell'aumento dell'altezza del cilindro; che se l'altezza del cilindro fosse divenuta doppia, ciascun cerchio non sosterrebbe più se non la metà dello sforzo di cui sarebbe stata capace l'aria rarefatta se non si fosse punto dilatata.

819. Il freddo diminuisce molto la forza d'elasticità dell'aria ed anche con più prontezza che non l'aumenta il calore, e ciò si osserva quando s'immerge il bulbo del termometro nell'acqua fredda: le molecole dell'aria che si trovano nello spirito di vino restringendosi occupano meno spazio e il liquido discende nel tubo.

Per far vedere che il calore agisce con molta prontezza per aumentare l'elasticità dell'aria, ecco in qual modo si potrà fare l'esperienza.

820. Si prende un tubo ricurvo di vetro A B C D, fig. 8, uno de' cui bracci è molto più breve dell'altro; all'estremità del minore deve essere un bulbo la cui aria possa aver comunicazione con quella del tubo: si versa dal mercurio pel foro A, finchè ne entra nel bulbo fino ad una

altezza arbitraria E G; allora una parte dell'aria che era nel tubo non avendo potuto uscire dal foro A, si riunisce a quella del bulbo che si trova ridotta nello spazio E F G, ove la forza della sua elasticità aumenta in ragione inversa della diminuzione del suo volume (813). Quindi prolungando la linea orizzontale E G fino in B, il mercurio si troverà innalzato nel braccio maggiore, ad una altezza B H che sarà per esempio, di 12 pollici: in questo stato l'elasticità dell'aria del bulbo sarà in equilibrio con la colonna B H più il peso dell'atmosfera; per conseguenza con una colonna di mercurio di 40 pollici; se s'immerge il bulbo nell'acqua bollente, il calore agendo su l'aria che contiene per dilatarla aumenterà la sua elasticità la quale premerà la superficie E G del mercurio molto più di quello che non faceva prima, e lo farà risalire nel braccio maggiore, al di sopra del punto H, come in I, ad un'altezza H I di 13 pollici circa, cioè ad un' altezza che sarà presso a poco il terzo della colonna di 40 pollici di mercurio col quale era in equilibrio prima di essere stata riscaldata dell'acqua bollente, ed il mercurio non sale più alto benchè si continui a lasciare il bulbo nell'acqua bollente; il che fa vedere che *il calore dell'acqua bollente ha dei limiti che terminano coll'aumentare di un terzo la forza dell'elasticità dell'aria*, in qualunque stato si trovi nel bulbo prima di averlo immerso nell'acqua bollente, secondo che la sua elasticità sarà più o meno aumentata dal peso del mercurio che si sarà messo nel tubo in maggiore o minor quantità; cioè che la forza della sua elasticità prima e dopo aver messo il bulbo nell'acqua sarà sempre nel rapporto di 3 a 4; d'onde segue che il calore dell'acqua bollente non può aumentare la forza d'elasticità dell'aria che respiriamo, oltre quella che ha naturalmente, se non fino a fare sostenere ad essa il terzo di una colonna di mercurio di 28 pollici, cioè di 9 pollici e alcune linee. Amontons fu il primo ad applicarsi a tale ricerca come si può vedere nelle Memorie dell'Accademia Reale delle Scienze dell'anno 1699, si troverà pure che lo stesso autore avendo voluto sapere se l'acqua salsa acquista quando bolle maggior calore dell'acqua dolce, ha fatto sciogliere 6 libbre circa di nitro gregio in due piute d'acqua comune in cui mise ancora una considerevole quantità di sale marino; avendo fatto bollire il tutto e ripetuta la sperienza precedente, non ha trovato che il mercurio sia salito più alto, se non al punto ove l'avea fatto salire l'acqua dolce.

821. Siccome molti scienziati hanno fatto le stesse sperienze in diversi punti della terra i cui risultati si sono ritrovati conformi a ciò che succede in Francia, si può dire essere presentemente in natura un grado eguale di calore in qualunque punto si trovi, da cui puossi, come da un punto fisso cominciare a valutare tutti gli altri gradi di calore, al di sopra o al di sotto di quello che dà l'acqua bollente, poichè ogni calor minore dando minor elasticità all'aria deve sostenere minor quantità di mercurio, oltre il peso dell'atmosfera, di quello che ad esso fa sostenere l'acqua bollente; quindi si può dire che l'estremo freddo sarebbe quello che ridurrebbe l'aria a non sostenere nessun carico per la sua elasticità; ma è molto probabile che questo freddo estremo non esista in veruna parte del mondo giudicando dalla differenza che si trova fra questo primo grado di freddo e quello che in Francia è ritenuto pel massimo freddo; facendo conoscere l'esperienza che l'altezza del mercurio a Parigi durante il mas-

simo caldo, sta alla sua altezza durante il massimo freddo come 6 sta a 5; il che non è se non un sesto di diminuzione dal massimo caldo al massimo freddo.

822. Siccome è certo che l' elasticità dell' aria rinchiusa nel bulbo E F G, fig. 8, aumenta o diminuisce nelle stesse proporzioni del calore che agisce su questo bulbo, e che l' altezza del mercurio rinchiuso nel braccio A B segue le stesse proporzioni dell' elasticità dell'aria, si può col mezzo di questo termometro conoscere tutti i gradi di calore al di sotto dell' acqua bollente applicando a canto del tubo una divisione che comincia con zero fino al punto in cui il calore dell' acqua bollente avrà fatto salire il mercurio; ma bisognerà aver riguardo, quando si vorranno fare delle osservazioni su questo termometro, allo stato attuale del peso dell' atmosfera, il che si conoscerà col barometro. Intendo di dire, che se il mercurio s' innalza oltre 28 pollici nel barometro, bisognerà sottrarre l' altezza eccedente da quella a cui sarà il mercurio nel termometro, ed al contrario se il mercurio discende sotto 28 pollici nel barometro bisognerà aggiugnere la differenza all' altezza del termomatro per avere esattamente il grado di calore dell'aria, riguardo a quello dell'acqua bollente.

Questo termometro può servire a conoscere la temperatura dei climi più lontani, a rettificare le osservazioni fatte sui termometri comuni, in diversi tempi, e luoghi, e trasmettere alla posterità le sperienze che si sono fatte, al pari di quelle che si potranno fare su tale materia.

823. Poichè si parla di calorico, non credo fuor di proposito riferire alcune sperienze curiose fatte in Inghilterra da Newton, estratte dalle *Transazioni filosofiche*, art. 270. Per avere un punto fisso, quest' autore si serve del calore che regna sotto la zona torrida ch' ei prende pel primo grado; quindi allorchè dice per esempio che il calore dell' acqua bollente è di tre gradi intende che sia triplo di quello dell' aria sotto la zona stessa, e così degli altri corpi come vedrassi

Calore sotto la zona torrida	1
Calore del corpo umano	1
Calore dell' acqua bollente	3
Calore dello stagno fuso	6
Calore del piombo fuso	8
Calore del fuoco di carbone fossile . . .	16
Calore di un gran fuoco di legna . . .	17
Calore del ferro rovente	16 a 17

824. Siccome il calore del corpo umano sembra essere interessante più d'ogni altro, aggiugnerò come si è scoperto che fosse lo stesso di quello che regna sotto l'equatore. Derham nella sua *Teologia fisica*, lib. 1, cap. 2.°, riferisce che con termometri fatti a Londra e portati sotto la zona, si è osservato che il liquido saliva fra 284 e 288 linee o decimi del pollice inglese sopra il bulbo; che avendo voluto paragonare questo calore con quello del suo corpo nel mese di luglio del 1709 in un giorno molto caldo e in cui non aveva fatto moto, pose il bulbo di un tal termometro sotto l'ascella ed in qualche altra parte del corpo in cui d' ordinario si accoglie la maggior quantità di calore, il liquido del termometro salì a 284 linee; fece la stessa esperienza in Inghilterra in un giorno caldo, che ivi pur ne succedono d' ordinario, essendosi d' altronde riscaldato il corpo con tutto quel

moto che poteva fare, il liquido non è salito oltre le 288 linee; aggiugne che la differenza fra queste due aperienze gli parve ben poca in confronto del calore del suo corpo che gli sembrava assai più caldo nella seconda che nella prima: ei ne fece altre in inverno che gli diedero gli stessi risultati, d'onde concluse che il calore del corpo umano in istato di salute è presso a poco lo stesso in estate ed in inverno, e che è eguale a quello dell'aria che regna nella parte più calda della terra come riferisce Newton.

Credo di non poter più a proposito disingannar quelli che s'immaginano che i sotterranei sieno freddi in estate e caldi in inverno, succedendo invece l'opposto come proverò seguendo le viste di Mariotte che scrisse un bellissimo discorso su quest' argomento.

825. Siccome la maggior parte delle cose naturali fanno le loro funzioni per effetto del calore, sia esso interno e proprio come quello degli uomini e degli altri animali, sia esterno come quello che ricevono le piante dal sole, così il grado di calore che conviene ad esse non può essere notabilmente aumentato o diminuito senza che perisca; è perciò che il nostro senso del tatto ha dovuto essere disposto in tal guisa che tutto ciò che eccede la temperatura del nostro calore ci sembra caldo, e tutto ciò che ha meno calorico ne eccita un' altra sensazione affatto diversa che chiamiamo freddo, affinchè possiamo evitare gl' inconvenienti che succederebbero per l'aumento o per la diminuzione del nostro calorico naturale e conservarci nella giusta temperatura; ma il dedurne la conseguenza che tutto quanto sentiamo freddo sia assolutamente senza calore è un errore assai grossolano; perocchè come alcuni animali naturalmente più caldi di noi s'ingannerebbero se nel toccarli credessero noi privi di calore, così c'inganniamo quando giudichiamo assolutamente freddi quelli la cui temperatura di calore è di un grado inferiore alla nostra.

826. Non è dunque da tal sensazione di freddo che dobbiamo giudicare se una cosa è priva di calore, ma da ragionamenti fondati in altri principj e dagli effetti che produce naturalmente il calorico; quindi a torto la maggior parte si lagnano dell' errore dei nostri sensi mentre non essi debbono esserne imputati, ma sibbene il nostro fallace modo di ragionare; perchè i sensi non ci sono dati per giudicare delle cose come sono in sè stesse, ma soltanto come sono riguardo a noi, acciò possiamo evitar le nocive e servirci di quelle che sono atte alla nostra conservazione.

Supponendo che nei sotterranei comuni non esista altro calore che quello che procede dal sole è certo che nel tempo dei primi calori della state, i sotterranei più profondi debbono essere meno riscaldati che non al principiar del settembre, perocchè il calore non insinuandosi che a poco a poco nella terra occorre molto tempo prima che sia penetrato fino nei sotterranei; avendo tutto il giorno durato lo splendore del sole, la superficie della terra è più riscaldata a 3 ore dopo il meriggio che non a 10 od 11 ore del mattino, e d'ordinario fa meno caldo nel solstizio di estate che dopo un mese o sei settimane; per la stessa ragione il maggior calore dei sotterranei profondi deve essere verso il terminar della state ed il maggior freddo verso il terminare dell'inverno, perchè si scaldano e si raffreddano a poco a poco.

Mariotte volendo sapere se l'esperienza fosse conforme a questo ra-

ziocinio fece collocare un termometro in uno dei sotterranei dell'Osservatorio reale di Parigi, ed avendo seguito per molti anni le variazioni di esso termometro ha riconosciuto che il liquido discendeva nel tempo dei massimi freddi del verno e saliva al punto più elevato nei più grandi calori dell'estate; quindi senza entrare in altro dettaglio non occorre dire di più per essere convinti che il calore che regna nei sotterranei è maggiore nell'estate che nell'inverno.

Nondimeno siccome i sotterranei sembrano freddi nell'estate e caldi in inverno, per dar ragione di tali apparenze non occorre osservare se non che se si mette la mano nell'acqua bollente e tosto si tuffi nell'acqua tiepida, quest'ultima sembrerà fredda, ed all'incontro se si mette la mano nell'acqua prossima a congelarsi, e poscia nell'acqua tepida, questa sembrerà calda; del pari quando in estate si esce da un'aria molto riscaldata, per entrare in un sotterraneo ov'è molto men caldo, quest'ultimo sembra freddo, e diviene rispetto all'aria esterna ciò che l'acqua tepida sembra rispetto alla bollente; al contrario quando in inverno si esce da un'aria freddissima per entrare in un sotterraneo, l'aria vi sembra calda; perchè ha perduto del suo grado di calore meno che l'esterna, e la sensazione che produce l'aria del sotterraneo in estate, ed in inverno deve essere tanto più viva in quanto che nell'estate i pori della nostra pelle essendo molto aperti, tosto che si passa in un luogo ove l'aria non è che mediocremente calda, ci sorprende insinuandosi nell'interno dei pori stessi che trovandosi allora caldissimi e sensibilissimi fanno sì che si riguarda come freddo un calor minore di quello che sentiamo, al contrario di ciò che accade nell'inverno essendo la proprietà del freddo quella di serrare i pori che poi si dilatano quando si passa in un'aria che ha perduto meno del proprio calore.

827. Mentre si tratta dell'azione del caldo e del freddo, credo che non sarà discaro il trovare la descrizione di una tromba naturale che può innalzar l'acqua a mediocre altezza per mezzo di questi due agenti.

Essa è composta di un vaso sferico N B A C, figura 18, che è bene far di rame e dargli il maggior diametro possibile; a questo vaso sono adattati verso il di sotto due tubi, il primo N K, che è verticale, e che tuffa nell'acqua che si vuole innalzare, deve avere una valvola alla sua estremità K.

Il secondo tubo E F G che sale va a metter capo colla sua estremità G al serbatojo N, in cui vuolsi che l'acqua giunga, e deve avere esso pure una valvola in F disposta in modo che essendo chiusa, l'acqua che è salita nel tubo non possa più discendere, ed osservare che l'altra estremità G di questo tubo debba essere più elevata che non la sommità della sfera.

Per far agire questa macchina bisogna che sia esposta in modo che il sole possa percuoterla per tutta la giornata; si comincia primieramente dal versare dell'acqua nella sfera circa fino ai due terzi B N C che s'introduce per un orifizio A cui bisogna chiudere dopo, affinchè l'aria che occuperà il rimanente B A C della capacità della sfera, non possa uscirne.

Per giudicare dell'effetto di questa tromba, si consideri che l'aria rinchiusa nella parte B A C venendo ad essere riscaldata dai raggi del sole tarderà a dilatarsi e premerà la superficie dell'acqua la quale aprirà la val-

vola che è in F, spingerà quella che è nel tubo F G, la farà passare nel serbatojo H, e seguirà lo stesso cammino per scorrervi essa pure, finchè il calore del sole darà tanta elasticità all' aria rinchiusa per premere la superficie B C quanto è necessario. Quando il calore sarà passato, la frescura della notte succedendo, le molecole dell'aria interna si ristringeranno e non avranno tanta elasticità come avevano durante il giorno ed anche molto meno dell'aria esterna, perocchè quella che è rinchiusa occupando un maggior volume che non al principio quando ha agito il calore, si sarà dilatata nel vuoto che ha lasciato l'acqua che è salita di giorno; perocchè la sfera essendo stata riempita di due terzi d'acqua, se per esempio ne è uscita la metà, l'aria la quale non occupava se non un terzo della sfera, ne occuperà i due terzi, e sarà dilatata il doppio dell' aria esterna, quindi quest' ultima preponderando premerà la superficie M I, dell'acqua della fontana o del pozzo, in cui si tuffa il tubo N K, e la farà salire nell'istesso tubo, per passare nella sfera fino all'altezza in cui il suo peso unito alla forza d'elasticità dell' aria interna sarà in equilibrio con quella di fuori, e l'una e l'altra rimarranno in questo stato, fino al momento in cui il sole scalderà di nuovo l'aria interna, per far salire l'acqua come prima; quindi la freschezza farà salire l'acqua durante la notte dalla fontana nella sfera, e durante il giorno il calore la farà salire dalla sfera nel serbatojo. Del resto questa tromba non può riuscire come conviene se non ne' paesi in cui i giorni sono molto caldi e le notti freddissime.

828. L' umidità ha la proprietà di aumentare considerabilmente la forza dell' elasticità dell' aria; cioè la rarefazione dell'aria, carica di vapori prodotti dal calore, è maggiore di quella dell' aria naturale; allora essendo rinchiusa fa molto maggior sforzo per dilatarsi, che non ne avrebbe avuto benchè messa in azione con uno stesso grado di calore se fosse stata pura e serena, la qual cosa è confermata da molte sperienze.

Più volte ho messo delle bottiglie di grosso cristallo ben turate nell' acqua bollente, quelle in cui non vi era che aria non si rompevano; ma le altre in cui aveva messo un mezzo cucchiajo d' acqua scoppiavano un istante dopo con grande detonazione: vedremo in seguito spiegando le macchine che si fanno agire per l' azione del fuoco, che rinchiudendosi in un vaso di ferro o di ghisa ben turato dell' acqua e dell' aria; facendo bollir l'acqua, il vapore che esala aumenta l'elasticità dell' aria ad un punto che appena è credibile.

829. Non debbo acordarmi di dire che l' acqua è tutta piena d'aria; se si mette dell' acqua in un vaso e si pone sotto il recipiente della macchina pneumatica vedesi dopo un certo numero di colpi di stantuffo elevare delle bolle d'aria dal fondo dell' acqua fino alla superficie in cui si dissipano, il che continua finchè il vuoto sia perfettamente fatto, dopo di che non si vedono più bolle a salire per qualunque tempo l' acqua rimanga sotto alla macchina; se si ritira quest'acqua stessa per farla alquanto riscaldare e si rimette sotto il recipiente, a misura che si fa agire la tromba, se ne vede uscire bolle molto più grosse di prima e succede una effervescenza maggiore di quella che sarebbe prodotta dal fuoco, la quale diminuisce a misura che l' acqua si raffredda e non cessa se non quando è fredda del tutto: benchè da quest' acqua sia già uscita molt' aria, essa ne contiene ancora una grande quantità, poichè se si fa riscaldare una seconda volta, ma un po' più della prima, se ne caverà tant' aria quanta ne era

uscita; continuando a diverse riprese a far scaldare l'acqua sempre più, se ne vedrà sempre uscire aria novella.

830. Non è già coi liquidi soltanto che l'aria abbia dell'aderenza, essa ne ha pure coi corpi solidi: per esempio se si mette un ago su la superficie dell'acqua contenuta in un bicchiere esso si sostiene, benchè il suo peso specifico sia molto più grande di quello dell'acqua, il che dipende dall'aderenza delle parti dell'aria all'ago; e siccome quest'ago non tocca l'acqua se non lungo la sua parte inferiore, il restante è come portato in una picciola gondola d'aria: ciò è sì vero che appena si bagna l'ago per allontanarne l'aria che vi è contigua esso non galleggia più.

831. L'acqua è più leggiera agghiacciata che liquida, poichè galleggia sopra l'acqua stessa; Mariotte la valuta più leggiera di $\frac{1}{112}$, all'opposto dell'aria che condensata dal freddo. Ciò non può provenire che dalle bolle d'aria di cui è cospersa la sostanza del ghiaccio, le quali avendo abbandonato i pori dell'acqua all'istante in cui ha cominciato a gelarsi, si sono ammassate; e siccome allora sono più agitate ed hanno più forza di prima per estendersi, esse fanno occupare all'acqua agghiacciata maggior volume che non occupava prima la stessa quantità; ciò fa sì che l'acqua che riempie un qualche vaso si gonfia ed esce da esso a misura che si agghiaccia, ed anche lo rompe sovente, a meno che la sua figura non s'allarghi dal fondo verso i margini acciò l'acqua possa gonfiarsi liberamente come richiede l'aria ch'essa contiene.

Ciò che conferma che la dilatazione dell'acqua agghiacciata non proviene che dall'estensione dell'aria ch'essa contiene, si è l'esperienza dell'acqua che si è fatta bollire per qualche tempo per farne uscir l'aria, o mettendola sotto il recipiente della macchina pneumatica; poichè in queste due sperienze si vede sensibilmente un'infinità di bolle d'aria uscire da tutta l'estensione dell'acqua: se si fa gelare poscia quest'acqua esponendola ad un gran freddo, o artificialmente, e s'immerge in questo stato in acqua simile non agghiacciata, essa discende al fondo invece di galleggiare, il che fa conoscere che allora è più pesante, non contenendo più aria per dilatarla: del resto quand'essa n'è tutta piena, non lascia di condensarsi un poco pel freddo, poichè è più pesante in inverno che in estate nel rapporto di 373 a 370 circa.

L'acqua da cui si è estratta l'aria comincia ad empiersene in poco tempo allorchè vi è esposta, come fa conoscere l'esperienza; ed è perciò che quando il gelo dura qualche tempo bisogna rompere il ghiaccio degli stagni o di altri serbatoj in cui vi è del pesce, onde ne riprendano di nuovo; perocchè l'aria è così necessaria alla sussistenza del pesce, come a quella degli altri animali, che non potrebbe vivere nell'acqua da cui siasi levata l'aria; esso vi cade tosto in deliquio come si fosse messo sotto la macchina pneumatica, e non si può richiamarlo in vita se non ponendolo nell'acqua contenente aria.

832. Se il freddo ha la proprietà d'indurire le parti dell'acqua e di condensarle, il calore al contrario le rende più fluide e ne aumenta estremamente l'azione, poichè diviene capace di penetrare e sciogliere i corpi duri, il che fa conoscere che le sue parti sono allora in una grande agitazione; ora quest'agitazione può essere cagionata o dalla materia del

fuoco che vi si sottopone, la quale penetrando a traverso del vaso che la contiene, riempie tutta la sua sostanza, o pei raggi del sole raccolti da uno specchio ustorio; ma ciò che avvi di stravagante si è che il grado di calore dell'acqua bollente e degli altri liquidi è limitato e non cresce a misura che si aumenta il fuoco, il che senza dubbio procede da questo che le parti del fuoco o della luce non aumentano più l'azione dell'acqua quando sono totalmente staccate le une dalle altre, e sono interamente libere.

Durante quest' agitazione, le parti del fuoco che dimandano sempre di estendersi, trascinano seco quantità di parti d'acqua, e questo composto di parti di materia eterea e di acqua essendo più leggiero dell' aria cha corrisponde alla superficie della terra, quest' ultima le caccia al di sopra di sè e le tiene sospese in vapori, nebbie o nubi, finchè i venti le spingono le une contro le altre, e quando costipandosi divengono più pesanti dell' aria che le sostiene, ricadono in pioggia.

833. L' aria contiene in ogni stagione molti di tali vapori o gocciolette d' acqua sospese, come si prova colla seguente sperienza; se s' immerge una sola volta una vecchia fune nell'acqua salsa e si sospende in questo stato, essa goccierà tutto l'anno delle goccie d'acqua; si sa pure che quando si comincia a scacciar l'aria dalla macchina pneumatica, vi si forma come una nebbia la quale non può provenire che dai vapori che ricadono gli uni su gli altri non essendo più sostenuti dall'aria come erano prima.

Ma non v'è nulla di più ammirabile di una fune sospesa ad una trave; si attacchi all' estremità di questa fune un peso grande quanto si vuole, per esempio di 10000 libbre, in guisa che poggi leggermente in terra in un tempo secco; appena l'aria diviene umida vedesi questo peso salire a poco a poco e discende di nuovo quando l' aria diviene più secca; per spiegare questo fenomeno bisogna considerare le parti d'acqua come grani di sabbie finissimi, estremamente levigati, durissimi e senz'angoli che penetrano i pori dei diversi corpi, come farebbero piccioli cunei atriscianti gli uni contro gli altri, e che s'insinuano nei pori della fune ove non trovano un'aria così grossolana e così lenta a penetrare come quella che le contiene; ed appena che sono in questi pori, sono costrette a penetrare più oltre per l' azione dell'aria circostante; allora la fune si gonfia necessariamente, si accorcia ed innalza il peso.

Lo stesso avviene quando questa corda essendo secca, s'innaffia d'acqua: vedesi all' istante salire il peso il che dimostra che la corda si è gonfiata per la succhiata umidità, poichè si è accorciata. Ma se questa elevazione del peso proviene dalla pressione dell' aria esterna, come supponiamo, fa duopo che la colonna d'aria che circonda la corda trovi luogo di discendere alquanto a misura che innalza il peso, perchè nello stato d'equilibrio il peso deve sempre stare alla forza motrice, reciprocamente come il cammino di questo sta al cammino del peso; bisogna dunque che a misura che si gonfia la corda s'accorci in modo che occupi meno spazio umida che secca; cioè che se si moltiplica la sua base o grossezza per la sua lunghezza in questi due stati, l'ultimo prodotto quand'è bagnata, sia più picciolo del primo quando è secca, il che potrebbe sembrare un paradosso, e la differenza di questi prodotti essendo divisa per la base della colonna d' aria circostante, che è la superficie della corda gonfiata, darà una lunghezza che sarà eguale alla discesa di questa colonna; ma la difficoltà del-

l'eseguire esattamente questi calcoli, fa sì che non mi vi trattengo di più.

834. Si fa uso della forza dell'acqua anche per staccare i marmi dalle cave o per fendere grosse pietre; fatta una canalatura intorno al masso che si vuol staccare, vi si piantano entro de' cunei di un legno leggerissimo seccato al forno, che poscia si bagnano con acqua; e dopo qualche tempo si trova il masso di marmo staccato dal suo letto; il che non avrebber potuto fare migliaja di cavalli. Ora ciò che produce un effetto così sorprendente è senza dubbio il duplice sforzo del cuneo che vi si trova, perchè il legno che vi si pianta a forza fa già un gran sforzo per la sua figura, e per quello dell'acqua che l'aumentano ancora prodigiosamente. È certo d'altronde che la maggior parte degli altri liquidi, e specialmente quelli che si dicono *magri*, fanno gonfiare i corpi secchi, porosi e capaci di estendersi, perchè contengono molta acqua oltre le parti saline di cui sono impregnati, le quali non sono meno atte allo stesso effetto, di quelle dell'acqua, se non lo sono anche di più.

CAPO SECONDO

TEORIA DELLE MACCHINE MOSSE DAL VENTO E MODO DI CALCOLARNE L'EFFETTO.

835. L'aria essendo un fluido deve per certi riguardi seguire le stesse leggi dell'acqua; si sa che quando la velocità dell'acqua è diversa, le sue impressioni sono come i quadrati della velocità; (568) del pari quando un vento è più veloce di un altro, non solo colpisce con più forza un corpo opposto perchè ha maggior velocità, ma perchè vi sono più parti di aria che colpiscono nello stesso tempo; e il numero di queste parti sarà tanto più grande quanto maggiore è la velocità (569); d'onde segue che di due venti, uno dei quali avesse due gradi di velocità, ed il secondo tre, l'impressione del primo starà all'impressione del secondo contro superficie eguali e direttamente opposte, come il quadrato di 2 sta al quadrato di 3.

836. Siccome non si deve assicurar nulla nelle cose che hanno rapporto colla Fisica, se non è stato confermato dall'esperienza, Mariotte ed Ugenio ne hanno fatto un gran numero che tutte si sono trovate conformi a questo raziocinio: premesso che l'acqua di un serbatojo sostenga all'uscita di tubi eguali pesi proporzionati all'altezza delle colonne d'acqua corrispondenti a questi fori stessi (570), essi hanno voluto vedere se succedeva lo stesso dell'aria, benchè non vi fosse nessuna ragione per dubitarne: si sono serviti di una macchina in cui l'aria era successivamente premuta da diversi pesi, e sfuggiva da un tubo aperto; con ciò si vedeva qual peso poteva controbilanciare l'aria alla sua uscita e la forza della sua impressione su le superficie che incontrava; si poteva anche vedere quanto tempo impiegava ad uscire interamente secondo le diverse velocità che davano ad essa i diversi pesi da cui era caricata.

Da tutte le sperienze fatte, si convinsero che succedeva dell'aria come dell'acqua; l'aria esce più veloce dal suo tubo quando è premuta da pesi maggiori, cioè quando la velocità è tre o quattro volte più grande; l'impressione che fa alla sua uscita su le opposte superficie è nove volte, sedici volte più grande, sempre in ragione duplicata delle velocità; quindi i pesi che imprimono ad essa queste diverse velocità sono fra loro come i quadrati delle velocità. Ecco il dettaglio di alcune di tali sperienze.

837. La macchina di cui si è fatt'uso è rappresentata dalla terza figura della Tav. 2; è una specie di cilindro incavato, le cui due basi A D e B C sono di legno ed il restante di cuoio teso da più cerchi di filo di ferro F E, H I, L M, acciò la base A D si possa avvicinare alla base B C che si suppone immobile; in questa base è un foro N per cui può uscire l'aria rinchiusa nel cilindro.

Sotto il cilindro si è posto un mulinello, figura 2, composto di un asse C D attraversato da un regolo O R posato orizzontalmente e diviso

in due parti eguali dall' asse; l' estremità R di questo regolo corrispondeva esattamente al di sotto del foro N; ed all' altra estremità era un peso Q sostenuto da un appoggio V O; quindi si è caricata la base A D di un peso P tale che facendo discendere questa base, l' aria che usciva dal foro N venendo ad urtare il regolo all' estremità R, faceva equilibrio col peso Q; e quando ciò avveniva il peso Q stava al peso P come la superficie del foro N alla superficie del cerchio A D o B C, il che è naturalissimo perchè tutta l' aria del cilindro trovandosi premuta dal peso P veniva ad appoggiarsi egualmente su tutte le parti di questa base; per conseguenza se la superficie del foro N era la trentesima parte della superficie del cerchio B la pressione dell' aria che corrispondeva a questo foro non poteva essere che la trentesima parte della pressione che sosteneva la base B C, perciò equivalente alla trigesima parte del peso P; e siccome l' estremità del regolo O R, riceveva la stessa impressione che avrebbe ricevuto la superficie del foro N se fosse stato chiuso; il peso Q doveva adunque essere la trentesima parte del peso P.

Si è chiusa l' apertura N, e se ne è fatta un' altra K eguale alla precedente per vedere se l' aria ne uscirebbe colla stessa velocità; si è trovato che equilibrava ancora il peso Q come prima; perocchè il rapporto del peso P al peso Q era sempre lo stesso di quello della base B C all' apertura K. Si è ripetuta la stessa sperienza con pesi diversi e si è trovato che i piccoli pesi che facevano equilibrio all' urto dell'aria stavano sempre l' uno all' altro nello stesso rapporto dei grandi onde il cilindro era aggravato.

Si è riempiuto d' acqua tale cilindro per vedere se uscendo dall'apertura K, farebbe lo stesso effetto dell' aria; il che è avvenuto, avendo fatto equilibrio col proprio urto ad un peso che stava al peso P come l' apertura K a tutta la base B C; su la qual cosa è da osservare che il peso dell' acqua rinchiusa nel cilindro non poteva contribuire alla forza del getto, poichè appoggiandosi alla base B C, essa era quasi tutta al di sotto dell' apertura.

Ne segue adunque che l' aria e l' acqua che successivamente escono dalla stessa apertura, qualunque sia il peso che si metta su la base, sostengono lo stesso peso pel loro urto, benchè l'acqua sia di materia molto più densa e più pesante di quella dell' aria, il che proviene da questo che l'aria esce molto più veloce dell' acqua.

838. Si è trovato con molte sperienze che quando il cilindro era pieno d'acqua gli occorreva un tempo 8 volte più grande per vuotarsi che quando era pieno d'aria; cioè che quando occorrevano all'acqua 80 secondi per vuotarsi, non ne occorreva che uno all'aria, d' onde si può conchiudere che un getto d'aria per fare lo stesso effetto pel proprio urto come un getto di acqua avente lo stesso foro, è necessario che la velocità dell' aria sia 80 volte più grande di quella dell' acqua.

Poichè le forze o le impressioni dell'aria sono come i quadrati delle velocità, ne segue che quando ha 24 gradi di velocità essa fa un'impressione 570 volte più grande di quello che se ne avesse uno: ora siccome la sua velocità deve essere 80 volte più grande di quella dell' acqua per fare un' impressione eguale; vedesi che quando l' aria e l' acqua hanno la stessa velocità, l'acqua ha 570 volte maggior velocità dell'aria cioè che le

impressioni dell'aria e dell'acqua sono come i quadrati di 1 e di 24, poichè questi due numeri esprimono il rapporto delle velocità che rendono le loro forze eguali.

839. Si può anche giudicare il rapporto dell' urto dell' acqua a quello dell' aria indipendentemente dalla precedente sperienza, perocchè secondo l' articolo 792 si è trovato che il peso dell' acqua stava a quello dell'aria come 640 ad 1; ora se si trattasse di due corpi solidi uno de' quali fosse 640 volte più leggero del primo, bisognerebbe che il più leggero fosse 640 volte più veloce del primo, acciò il loro urto fosse eguale, perchè allora sarà eguale la loro quantità di moto; ma trattandosi di due fluidi, le loro quantità di moto saranno in ragione composta delle loro masse, e dei quadrati delle loro velocità; e perchè la quantità di moto dell'aria e dell'acqua sia la stessa, fa duopo che i pesi di un egnale volume d'acqua e d'aria che si possono prendere per le loro masse, sieno in ragione reciproca dei quadrati delle loro velocità; quindi prendendo l' unità per la velocità dell'acqua, 640 pel suo peso, quello dell'aria sarà pure espresso dall'unità; e chiamando x la velocità di essa, si avrà la proporzione, 1, quadrato della velocità dell' acqua, sta ad x^2, quadrato della velocità dell' aria, come 1 libbra, peso dell' aria, sta a 640, peso dell' acqua: da cui si deduce $640 = x^2$, ovvero 25 1/2 $= x$, il che fa vedere che la velocità dell' aria deve essere almeno venticinque volte più grande di quella dell'acqua, per urtare con forza eguale una stessa superficie; il che non combina esattamente con le sperienze di cui si è parlato; ma non bisogna maravigliarne avendo riguardo agli attriti provati dall'aria e dall'acqua uscendo dal foro; d'altronde l'aria essendo molto più dilatata in estate che in inverno (808) deve a pari velocità urtare con minor forza quanto più sarà dilatata e viceversa; quindi non si può valutare rigorosamente l'urto dell'aria pel quadrato della sua velocità soltanto, se non si ha riguardo al suo stato attuale; nondimeno per fermarci ad un punto fisso e conformarci alla regola più seguìta nelle memorie dell'Accademia Reale delle Scienze, ci atterremo alla sperienza dell' articolo 838.

840. Poichè la velocità del vento deve essere ottantaqnattro volte più grande di quella dell' acqua acciò l' urto del vento sia eguale a quello dell' acqua, sarà facile misurare l' urto del vento come si misura quello dell' acqua, dividendo la velocità del vento per 24 onde ridurla a quella dell' acqua che farebbe la stessa impressione, ovvero quadrare la velocità del vento e dividerne il prodotto per 576; il quoziente potrà essere considerato come il quadrato della velocità di un' acqua il cui urto equivalesse a quello dello stesso vento; quindi sarà facile per la regola dell' articolo (602) conoscere in libbre o in once la forza dell'urto del vento; per esempio se si trattasse di un vento la cui forza fosse di 24 piedi ogni secondo, il suo quadrato sarà ancora 576, che diviso per lo stesso numero, darà uno per quoziente, che si potrà riguardare come il quadrato della velocità di un'acqua che non farebbe se non un piede per secondo, che bisogna dividere per 60 onde avere $\frac{1}{60}$ moltiplicato per la superficie urtata; se si suppone questa superficie di un piede quadrato, il prodotto sarà ancora un $\frac{1}{60}$, il quale moltiplicato per 70, peso di un piede cubico di acqua,

si avrà $\frac{70}{60}$ ovvero 7/6 pel peso della colonna d' acqua equivalente all' urto di una corrente, la cui velocità fosse di un piede cubico ogni secondo, o di un vento, la cui velocità fosse nello stesso tempo di 24 piedi; moltiplicando 7 per 16, per ridurre le libbre in once, si avrà 112, che diviso per 6, il quoziente darà 19 once per l' urto del vento contro la superficie di un piede quadrato; cioè che avendo una superficie A B C D, Tavola 2, fig. 1, di un piede quadrato, direttamente opposta al vento ed attaccata verticalmente ad un mulinello, essa sosterrà in equilibrio un peso H di 19 once, se questo peso corrisponde ad un braccio di leva la cui lunghezza H E dal centro dell' asse E del mulinello fino alla linea di direzione condotta dal centro di gravità del peso, è eguale alla distanza E F dello stesso asse al centro di gravità F della superficie; considerando che se la linea E F fosse più grande della metà, di un quarto od un quinto del braccio di leva H E corrispondente al peso, allora la superficie di un piede sarà in equilibrio con un peso che fosse più grande di H, della metà, di un quarto o di un quinto dello stesso peso.

Aggiugnerò che in questo caso si suppone che il regolo E H il quale serve di braccio di leva attraversi l' asse, onde avere un'altra estremità E G in equilibrio pel proprio peso con la parte H E prima di avervi applicato il peso.

841. Una volta che si conosca l' urto di un vento di cui è nota la velocità, si può misurare l' urto di un altro vento di cui si conosca la velocità con una regola molto più breve della precedente; per esempio, noi sappiamo che un vento il quale avesse 24 piedi di velocità ogni secondo fa un' impressione di 19 once contro una superficie di un piede quadrato; se si domanda quale sarà lo sforzo di un altro vento che avesse 15 piedi di velocità ogni secondo, contro la stessa superficie, bisogna dire: se 576, quadrato di 24 piedi, dà 19 once, quanto darà 225 quadrato di 15 piedi di velocità; si troveranno 7 once e 3 grossi; ora moltiplicando questo numero per la quantità di piedi quadrati che contiene la superficie che è urtata dallo stesso vento, per esempio, per 60 piedi, si troverà un po' meno di 28 libbre per lo sforzo del vento contro questa superficie.

842. Parimente si potrà conoscere la velocità del vento pel suo urto; perocchè supponendo che in una sperienza fatta con tutte le necessarie precauzioni, siasi trovato che un certo vento ha fatto un' impressione di 12 once contro una superficie verticale di un piede quadrato; per conoscere la velocità di questo vento si dirà: come 19 once stanno al quadrato di 24, così 12 once al quadrato della velocità cercata, che si troverà 363 circa, la cui radice è 19 piedi e 4 pollici.

843. Siccome è la stessa cosa che l' aria vada con una certa velocità contro una superficie immobile, o che essendo quieta l' aria la superficie vada incontro ad essa con la medesima velocità, ne segue che l'impressione che riceverà questa superficie deve essere espressa pel quadrato della sua velocità; quindi tirando due colpi di cannone con uno stesso pezzo il primo caricato secondo il peso della palla ed il secondo con la metà soltanto di questo peso, supponendo in tal caso gli effetti proporzionali alle cause, la velocità della prima palla sarà doppia di quella della seconda; sulla qual cosa è duopo osservare che la superficie che riceve l' impressione

dell' aria non è espressa da quella della palla, ma dalla superficie del suo circolo massimo.

Se si avessero due pezzi di diverso calibro caricati in ragione del peso delle loro palle, è certo che tutte e due andrebbero con la stessa velocità, perocchè gl'impulsi sarebbero proporzionati alle masse; nondimeno la palla grossa anderà molto più lontana della picciola, perocchè il cerchio che presenta all' aria è minore in proporzione della sua massa che non è il cerchio della picciola palla rapporto alla propria.

Aggiugnerò che quando una superficie va direttamente incontro al vento, il suo urto deve essere espresso dal quadrato della somma delle velocità della superficie e del vento: (599) che se una superficie segue il corso del vento con una velocità eguale a quella di esso, l' urto sarà zero: (587) che se lo segue con una velocità più grande, l' urto sarà espresso dal quadrato dell' eccesso della velocità della superficie su quella del vento.

844. Soltanto verso il terminare del dodicesimo secolo si è cominciato in Europa a far uso del vento per far girare le macine; al ritorno della crociata che avvenne in quel tempo, fu recata dall' Asia l' invenzione dei mulini a vento: la scarsezza d' acqua in quasi tutto l' Oriente avendo costretto gli abitanti a ricorrere ad esso, se ne sono poscia serviti per far andare altre macchine, ma sempre costrutte sul modello dei mulini che ci proponiamo di esaminare minutamente, onde mostrare a che si riduce il loro punto di perfezione.

Le macchine più ingegnose non sono quelle che si ammirano di più; l' essere avvezzi a vedere dei mulini a vento fa sì che non vi si scorga nulla di sorprendente; ma quando si esaminano profondamente si rimane maravigliati nel trovare in essi un meccanismo assai più sottile di quello che si era immaginato.

845. I primi inventori de' mulini a vento si sono accorti che l' asse, cioè l' albero cui sono attaccate le ale, doveva essere precisamente nella direzione del vento, e in ciò si sono incontrati con la teoria più esatta, come ha dimostrato Parent nel secondo volume delle sue *Ricerche di Matematica e di Fisica*, stampato nel 1713, pag. 530; ma se la pratica in quest' incontro ha preceduto la teoria, in compenso faremo vedere che le ale degli stessi mulini sono ben lungi dall' avere tutta la perfezione che si potrebbe dare ad esse.

846. Essendo l' asse di un mulino nella disposizione da noi detta, è evidente che se le superficie delle quattro ale, fossero perpendicolari allo stesso asse, esse sarebbero anche urtate perpendicolarmente dal vento e questa impressione tenderebbe a rovesciare il mulino e non a farlo agire; il che fa vedere la necessità di fare le ali oblique all' asse: quindi non considerando che un' ala, l' impressione obliqua ch' essa riceve dal vento, secondo la teoria dei moti composti, si riduce ad una direzione perpendicolare; questa direzione, che può essere interamente seguita dall' ala, è composta di altre due, una delle quali tende a far girar l' asse e l' altra a rovesciarlo all' indietro; ma soltanto la prima direzione può essere seguita; per conseguenza tutto lo sforzo del vento su quest' ala non ha altro effetto che di farla girare da una parte o dall' altra secondo che l' angolo acuto ch' essa forma con l' asse guarda la de-

stra o la sinistra; la quistione si riduce adunque a conoscere quale debba essere l'obbliquità delle ale rapporto all'asse, o se si vuole, l'apertura dell'angolo che debbono formare l'asse e le ale acciò esse ricevano la maggiore impressione possibile.

Faccio per un istante astrazione dai mulini a vento e considero la seconda figura della tavola, la quale ci condurrà a quello che cerchiamo. Per ciò suppongo che la linea R S rappresenti un asse che possa girare orizzontalmente intorno ai punti P ed S; che su quest'asse siasi attaccato obliquamente al punto G, metà della linea A B, una superficie rettangolare A C D B, situata in modo che il suo centro di gravità F si trovi nel mezzo della linea E G perpendicolare coll'asse; quindi la superficie e l'asse faranno un angolo acuto A G P: supporremo pure che un fluido come il vento, per esempio, urti questa superficie secondo le paralelle O A, P G e Q B con la libertà di ripiegarsi.

Prendendo la linea K G per esprimere la forza totale dell'impulso del vento, questa linea essendo obliqua alla base A B, abbasso la perpendicolare K H, la quale esprimerà l'azione del fluido sopra la superficie: divido di nuovo l'impulso K H in due altri K M ed M H, il primo paralello ed il secondo perpendicolare all'asse P S; quindi H M esprimerà da sè sola l'azione del fluido per far girare la superficie intorno all'asse.

847. Per trovare l'angolo A G P che debbono formare la superficie e l'asse, acciò la forza laterale H M del fluido sia la maggiore possibile, noi faremo astrazione da tale superficie, come pure dalla lunghezza del braccio di leva G F per non aver riguardo che alle linee che ci sono necessarie, onde semplificare il calcolo: faremo A G $= a$, K G $= b$, ed R G $= x$; pel triangolo rettangolo A G R, si avrà A R $= \sqrt{a^2 - x^2}$: per giugnere a conoscere la linea K H e poscia la H M osservo che i triangoli simili A G R e K H G danno

$$AG = a : AR = \sqrt{a^2 - x^2} :: KG = b : KH = \frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2}.$$

Del pari a cagione dei triangoli simili A G R e K H M, si avrà

$$AG = a : GR = x :: KH = \frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2} : HM = \frac{bx}{a^2}\sqrt{a^2 - x^2}.$$

Per conseguenza H M $= \frac{bx}{a^2}\sqrt{a^2 - x^2}$ sarà l'espressione della forza laterale del fluido da moltiplicare per A I $= 2\sqrt{a^2 - x^2}$, cioè per la larghezza ragguagliata della superficie, che dà $\frac{2a^2bx - 2bx^3}{a^2}$, il quale deve essere un massimo; perocchè non basta che l'impressione laterale del vento sia la maggiore possibile; bisogna pure che la linea A I, che esprime la larghezza della superficie ridotta, o se si vuole la larghezza della colonna d'aria che deve urtarla, sia essa pure la più grande possibile; perocchè allora risulterà che il prodotto di H M per A I sarà il più grande di tutti quelli che potrebbero nascere da queste due linee rendendo l'angolo A G P più ottuso o più acuto: non vi è dunque che un solo angolo che possa corrispondere al massimo effetto; quindi prendendo il differenziale di $\frac{2ba^2x - 2bx^3}{a^2}$ secondo il metodo or-

dinario, si avrà $\frac{2ba^2-6bx^2}{a^2}dx=0$ e riducendo $a^2-3x^2=0$, oppure $\frac{\sqrt{a^2}}{3}=x$: ciò dimostra che il quadrato del lato R G deve essere il terzo di quello dell' ipotenusa A G.

Per avere l' angolo che noi cerchiamo con tutta la precisione geometrica, descrivo un semicerchio A R G, divido il diametro A G in tre parti eguali; ed al punto B che corrisponde al terzo di BG, innalzo la perpendicolare BR, e conduco la linea RG che dà l'angolo RGA, che deve essere formato dalla superficie con l'asse; perocchè se si fa $AG=a$, BG sarà $\frac{a}{3}$; e si avrà $AG=a\times BG\frac{a}{3}=\overline{RG}^2=\frac{a^2}{3}$: supponendo il diametro AG di 120 parti si troverà che il lato R G del triangolo A R G ne contiene presso a poco 69; conoscendo in questo triangolo i due lati A G e G R, si troverà colle tavole dei seni che l' angolo R G A è di 54 gradi e 54 minuti, cioè quasi 55 gradi.

Siccome ciò che si è veduto puossi applicare a ciascuna delle ale di un mulino, ne segue che acciò queste ale stesse ricevano dal vento il più grande impulso possibile, fa duopo ch' esse facciano un angolo di 55 gradi con l'asse cui sono attaccate.

Avendo veduto che bisognava moltiplicare $HM=\frac{bx}{a^2}\sqrt{a^2-x^2}$ per $AI=2\sqrt{a^2-x^2}$ per avere l' espressione della forza laterale del vento moltiplicata per l' intera superficie ragguagliata, la metà di questa somma ossia $HM=\frac{bx}{a^2}\sqrt{a^2-x^2}\times AR\sqrt{a^2-x^2}$ esprimerà la forza laterale del vento moltiplicata per la metà della superficie ridotta; ed avendo trovato $x=\frac{\sqrt{a^2}}{3}$ pel massimo effetto, sostituendo il valore di x nelle precedenti espressioni si avrà $\frac{b}{a^2}\frac{\sqrt{a^2}}{3}\times\frac{\sqrt{2a^2}}{3}\times\frac{\sqrt{2a^2}}{3}=\frac{2b}{3}\frac{\sqrt{a^2}}{3}$ ovvero $\frac{\sqrt{4a^2b^2}}{27}=\frac{4}{27}\times ab$.

Ora se si moltiplica il numeratore ed il denominatore della frazione $\frac{4}{27}$ per 10000 onde estrarne la radice più esattamente, essa diverrà $\frac{200}{519}$, che si può ridurre a $\frac{5}{13}$; perciò si avrà $\frac{5}{13}ab$, il che dimostra come la forza laterale non è che $\frac{5}{13}$ della forza assoluta.

848. In avvenire si potrà dunque nel calcolo delle macchine mosse dal vento, cercare la forza assoluta del vento stesso e prenderne i $\frac{5}{13}$; oppure si possono prendere i $\frac{5}{13}$ della superficie totale delle ale che si moltiplicheranno per la forza assoluta del vento, il prodotto darà la potenza motrice, il che diviene una abbreviazione molto comoda in pratica, come se ne giudicherà con un esempio.

849. Ora per far vedere come si può calcolare l'azione del vento contro le ale di un molino comune, fa duopo sapere che esse hanno 30 piedi di lunghezza per 6 di larghezza e che vi è sempre una distanza di 5 piedi fra l'estremità CF delle tele ed il centro B dell' asse, fig. 5, Tav. 1, perchè non sono mai tese fino all'estremità; quindi si trovano 20 piedi di distanza dal centro di gravità G di ciascun' ala al cantro B dell'asse; ciò che è necessario sapere, poichè questa lunghezza di 20 piedi è il braccio di leva con coi agisce la forza del vento, che si deve considerare unita nel centro di gravità delle ale.

Ciascun'ala avendo 6 piedi di larghezza per 30 di altezza, la superficie sarà di 180 piedi quadrati, che essendo ridotti moltiplicandola per $\frac{5}{13}$ (848) dà 69'1/4, che moltiplicato per 4, si hanno 277 piedi quadrati. Ora supponendo che queste quattro ale ricevano l'impressione di un vento la cui velocità fosse di 18 piedi ogni secondo, bisogna per misurarne l'urto dividere il quadrato di 18 che è 324 per 576, si avrà $\frac{324}{576}$ pel quadrato della velocità di una corrente d'acqua, la cui impressione sarà eguale a quella di un vento di 18 piedi di velocità: quindi moltiplicando il denominatore di questa frazione per 60 (602), ed il numeratore per 70 (601), moltiplicando inoltre questo stesso numeratore per 277, superficie ragguagliata delle ali, avremo $\frac{628236}{3456} = 182$ libbre per l'impressione laterale del vento contro le quattro ale del mulino, che si deve considerare come una potenza applicata all'estremità di un braccio di leva di 20 piedi di lunghezza.

Il rocchetto che gira con l'asse del molino e che corrisponde alla lanterna della macina, avendo ordinariamente un raggio di 4 piedi, che è il braccio di leva corrispondente alla resistenza, si avrà questa proporzione: come 4 piedi, semidiametro del rocchetto, sta a 20 piedi, distanza dal centro di gravità delle ale; così 182 libbre sta all' azione del vento contro i fusi della lanterna, che si troverà di libbre 910.

Ora sarà facile valutando gli attriti, di fare pei mulini a vento tutti i calcoli da noi fatti pei mulini idraulici nel primo capitolo del secondo libro, sia che si adoperi l'azione del vento per macinare il grano e per polverizzare le corteccie d'alberi pei conciapelli o per far agire i pestoni dei mulini da olio, da carta o da zucchero: è vero che la stima della forza motrice cangerà secondo che aumenterà o diminuirà il vento, ma si potrà sempre conoscere il suo effetto misurando la sua velocità attuale; perocchè allora il suo effetto cangerà in ragione dei quadrati delle velocità.

Il rocchetto dei mulini a vento avendo 48 denti e la lanterna 10 fusi come nei mulini idraulici, vedesi che ogni giro di rocchetto o di ale, ne fa fare quasi cinque alla macina, e quindi che le ale non debbono fare se non un giro ogni 5 secondi acciò la macina ne faccia uno per secondo, che è la velocità che più gli conviene in pratica, come abbiam detto altrove (638); e perciò quando il vento è troppo violento non si tende che una parte delle tele per ridurre le ale ad avere la velocità indicata.

850. Quando si ha troppo vento si può far uso soltanto della parte necessaria, ma quando agisce debolmente la maggior parte dei mulini non lavora, il che succede sovente per la cattiva disposizione delle ale che

fanno un angolo ottuso con l'asse, non essendo stato quest'angolo determinato che a caso; nondimeno è più importante il farli esattamente di 55 gradi, non già di 72 come nei dintorni di Parigi; perocchè avendo calcolato quanto l'azione di un vento qualunque sia minore su le ale che facciano con l'asse un angolo come il precedente, che su quello conforme alla precedente teoria, ho trovato che la differenza era di 2/7; cioè che avendo due mulini simili in tutto, tranne la circostanza di cui parlo, esposti allo stesso vento, se quello le cui ale fanno un angolo di 55 gradi è capace di uno sforzo di 7 sui fusi della lanterna, quello le cui ale fanno con l'asse un angolo di 72 gradi, non sarà capace che di uno sforzo di 5, di modo che uno dei mulini potrebbe agire molto rapidamente con un certo vento, mentre l' altro sarebbe nell' inazione.

851. Questo non è il solo difetto che s' incontri nei mulini a vento: fino ad oggi l' uso ha autorizzato le ale rettangolari senza pensare se si potesse farne di altra figura capace di maggior effetto con lo stesso vento; nondimeno è certo che le ale comuni non sono le migliori, e per esserne convinti basta seguire questo ragionamento.

L' effetto del mulino dipendendo dall' impressione del vento, questa sarà tanto più grande quanto più estesa sarà la superficie delle ale; non le considereremo dapprima che della grandezza che si usa di farle, cioè lunghe 30 piedi sopra 6 di larghezza; secondo questa proporzione la larghezza si trova la quinta parte della lunghezza, ma chi ci assicura che questa figura e questa proporzione sieno quelle che convengono di più? E d'altronde qual ragione si ha di mettere dalla parte dell'asse piuttosto la picciola dimensione che la grande? Se vi si osserva vedrassi che appunto si è preso il partito più svantaggioso, poichè per far bene, le ale dovranno esser disposte in senso opposto; cioè che la maggior dimensione dovrebbe essere dalla parte dell'asse: perocchè siccome la lunghezza del braccio di leva è espressa dalla distanza dal centro dell'asse al centro di gravità di ciascun'ala, più il centro di gravità sarà distante da quello dell' asse, maggior vantaggio avrà l' azione del vento; ma abbiamo veduto poc'anzi (849), che il centro dell' asse era distante 20 piedi dal centro di gravità delle tele, e che l'estremità delle ale era distante 35 piedi dal centro dell'asse; ora se si cambia la disposizione del rettangolo formato dalle tele, e che la base di 30 piedi sia sempre distante 35 piedi dall'asse, come è d'ordinario quella che non è se non sei piedi; allora il centro di gravità sarà distante 32 piedi dal centro dell'asse; e per conseguenza il braccio di leva con cui agirà il vento, invece di 20 piedi ne avrà 32; ma siccome con questa disposizione vi sarebbero 29 piedi di distanza delle ale fino al centro dell' asse ove il vento non farebbe nessun effetto, perchè ivi non supponiamo tese le tele, così Parent per non lasciare un vuoto inutile propone di far le ale della figura di un settore elittico; ovvero che facendo le ale rettangolari la loro larghezza sia doppia dell' altezza che è il massimo parallelogrammo che potrebbe essere inscritto in un settore di elissi, come quello da lui trovato. Ma le ali elittiche sembrerebbero così straordinarie che non si oserebbe lusingarsi che l' uso le adottasse, benchè le più vantaggiose di tutte ed anche delle rettangolari disposte nel senso che ho detto; è vero che queste ultime avendo una figura meno ricercata sarebbero forse ricevute più volontieri; ma dando

ad esse maggior larghezza sarebbero soggette ad un inconveniente in pratica, cioè che dovendo formare un angolo di 55 gradi con l'asse, nua delle loro estremità non mancherebbe a cagione di tale obliquità d'incontrare il corpo del mulino contro il quale si romperebbe a meno che non si facesse sporgere l'asse quanto occorre acciò le ale potessero girare liberamente.

Nondimeno si deve considerare che nei mulini come nelle altre macchine si ricade sempre nel caso della legge generale della meccanica, di non poter aumentare l'azione della potenza senza aumentare anche il tempo che deve impiegare per produrre un certo effetto: per esempio allontanando in questo caso il più che si può il centro di gravità delle ale dal centro dell'asse, si allunga in vero il braccio di leva, il che solleva di più la potenza e invece le ale non gireranno più così veloci come se la leva fosse più breve; siccome il più grande effetto del mulino non dipende assolutamente dalla maggior velocità delle ale, ma bensì dalla maggior quantità di grani che potrà macinare ad un tempo, in conseguenza della forza delle ale che fanno girare la macina, che d'altronde questa velocità della macina deve essere limitata, si guadagnerà molto più in proporzione, aumentando l'azione della potenza, di quello che perderassi per la diminuzione della velocità delle ale; ma è noto che acciò una macchina mossa dall'acqua faccia il massimo effetto possibile, fa duopo che la velocità della ruota sia il terzo di quella della corrente che la fa girare (588), e siccome è lo stesso per tutte quelle che sono mosse da un fluido, ne segue che un mulino a vento sarà pure capace del maggior effetto, quando la velocità delle ale sarà 1/3 di quella del vento; ora siccome questa velocità delle ale deve essere misurata dalla circonferenza che descrive il centro di gravità delle ale stesse, cioè del cerchio avente per raggio il braccio di leva alla cui estremità si suppone riunita la forza del vento; se questo raggio è lungo 28 piedi, la sua circonferenza ne avrà 88, misura del cammino delle ale ad ogni rivoluzione; quindi acciò la macchina abbia tutta la perfezione fa duopo che il vento percorra 264 piedi, mentre le ale faranno un giro.

852. L'obliquità che necessariamente si deve dar alle ali dei mulini facendo sì che il vento non agisca con la sua forza assoluta, si è cercato di profittare di tutta la sua forza facendo girare le ale orizzontalmente come se ne può giudicare dall'esempio che si riferisce nella Tavola 2.

Le ale sono nel numero di sei marcate dalle lettere B, C, D, E, F e G, figura 7 ed 8, al piano di una gabbia di legname la cui elevazione HI è delineata al disotto; la medesima è collocata alla sommità di una torre L che comprende il corpo del mulino, e può girare indipendentemente dalle ale, che sono formate da telaj rivestiti di tela e commessi nell'albero girante A che corrisponde alla macina superiore; perchè in questo caso si può fare a meno di rocchetto e di lanterna.

Lo scopo della gabbia si è quello di non esporre al vento se non le ale che ne devono essere urtate, e di mettere le altre al coperto; perciò essa non è rivestita di tavole molto sottili che sopra una parte IOH: ho letto in una raccolta di macchine approvate dall'Accademia reale delle Scienze, che in Portogallo ed in Polonia i mulini sul gusto di questo vi erano molto usitati.

853. Le formole essendo comodissime per esprimere in modo generale tutte le grandezze che entrano nei rapporti, eccone due, col mezzo delle quali si potrà conoscere esattamente tutto ciò che si può aperare dalle macchine mosse dal vento.

Chiamando a la velocità del vento, ed S la superficie urtata presa senz'alcuna riduzione, si avrà $\frac{a^2}{576}$ per espressione del quadrato della velocità di una corrente, l'urto della quale sarà eguale a quello del vento, (840) che essendo moltiplicato per 70, e diviso il prodotto per 60, darà $\frac{a^2}{576} \times 7/6$ per l'altezza della colonna d'acqua, il cui peso sarà eguale all'urto diretto sopra una superficie di un piede quadrato, (602) per conseguenza $\frac{a^2 S}{576} \times 7/6$ esprimerà lo stesso urto contro una superficie direttamente opposta; e siccome bisogna moltiplicare quest'espressione per $\frac{5}{13}$ allorchè si tratterà di una macchina le cui ale faranno con l'asse un angolo di 55 gradi, così (848) dopo la riduzione si avrà $\frac{a^2 S}{1283}$ per la prima formola, la quale dimostra che *si avrà tutta ad un tratto l'impressione del vento espressa in libbre, moltiplicando il quadrato della sua velocità considerata durante un secondo, per la superficie totale, cioè per quella che comprendono le quattro ale senza riduzione, e dividendo il prodotto per* 1283; dopo di che sarà facile, considerando il meccanismo che regna nella macchina, di aver riguardo alle diverse braccia di leva che debbono corrispondere alla potenza che si sarà trovata col sussidio della formola ad a quelli che debbono corrispondere al peso nello stato di equilibrio, cui bisognerà ridurre ai 4/9 pel massimo effetto (589, 595).

854. Se si moltiplica per 4/9 la formola precedente si avrà $\frac{a^2 S}{2888}$, che è una seconda formola, mediante la quale si troverà tutta ad un tratto la forza rispettiva del vento nel caso del massimo effetto, senz'essere costretti a fare nessuna riduzione, *ossia dopo aver moltiplicata la superficie delle ale espresse in piedi, pel quadrato della velocità del vento, e diviso il prodotto per* 2888, *il quoziente darà il valore in libbre della potenza ridotta*, che servirà a trovare il peso che gli conviene pel massimo effetto, tosto che si conosceranno i bracci di leva che corrispondono all'uno ed all'altro: allora le ale prenderanno da sè una velocità che sarà 1/3 di quella del vento.

Chiamando P la potenza modificata come conviene pel massimo effetto, si avrà $P = \frac{a^2 S}{2888}$ che può servire a trovare la superficie delle all quando si conoscerà la potenza media e la velocità del vento, od a trovare la velocità del vento quando si conoscerà la superficie delle ale e la potenza, poichè nel primo caso si avrà $\frac{2888 \times P}{a^2} = S$, e pel secondo $\sqrt{\frac{2888 \times P}{S}} = a$.

855. Che se si chiama Q il peso conveniente pel massimo effetto ed u

la sua velocità, $\frac{a}{3}$ sarà quella delle ali della macchina presa nel loro centro di gravità; allora avrassi $\frac{a}{3} \times P = u \times Q$, che è un' altra formola generale mediante la quale si troverà quello dei quattro termini che non si conosce, ed anche la superficie delle ale che vi si farà entrare, sostituendo $\frac{a^2 S}{2888}$ in luogo di P, ovvero $\frac{1}{3}\sqrt{\frac{2888 \times P}{S}}$ in vece di $\frac{a}{3}$.

Per applicare la prima formola $\frac{a^2 S}{1283}$ ad un esempio, supporremo che si tratti di calcolare l'impressione laterale del vento contro le ale del mulino di cui si è parlato nell' articolo (849) e che si abbia ancora $a = 18$, ovvero $a^2 = 324$, ed $S = 720$; d' onde si deduce $\frac{324 \times 720}{1283} = 182$ libbre che è il numero da noi trovato in questo articolo.

856. Considerando la prima figura della Tavola 3.ª vedrassi che rappresenta un mulino che gira a tutto vento, e vi si dirige da sè stesso per mezzo della banderuola A, composta di tavole molto sottili; l' albero B è fisso e bene assicurato in terra: tutto il resto dell'armatura è mobile e gira colla banderuola; l'albero inclinato ED gira con le ale al pari della ruota a secchietti D che è commessa a quest' albero: per raccogliere l' acqua che si vuol esaurire, come si pratica d' ordinario in un terreno acquoso per disseccarlo, si fa un fosso circolare, e la parte inferiore della ruota tuffa nell' acqua, e gira facilmente senza toccar la terra; per questo mezzo l'acqua del fosso sarà innalzata in un rivo pure circolare di cui l'albero B è il centro, per essere condotta ove vorrassi; questa macchina non innalza l'acqua se non a 6 in 7 piedi al più, ma invece ne esaurisce una grande quantità per poco che il vento la favorisca.

Le praterie d'Olanda sono piene di tali macchine e se ne incontra ad ogni passo; ma la ruota che cava l'acqua è diversa da questa, non essendo composta cha di un numero di raggi come nella figura 4; questi raggi sono specie di palette simili ai remi un po' curve da una parte a guisa di cucchiajo; invece di portar l'acqua come fanno le tazze, esse la fanno zampillare nel rivo; il cha succede con tanta velocità, che ne esauriscono molta in poco tempo.

857. L'angolo EFB che fa l'asse ED con l'albero B è ordinariamente di 60 gradi, quindi l'angolo IHK che le ale fanno con la verticale sarà di 30 gradi; d'onde segua cha le tele tese da H fino in K, non ricevono l'impressione del vento che secondo una direzione obliqua a cui bisogna avar riguardo; perciò si consideri che il triangolo rettangolo HIK è la metà di un triangolo equilatero, il cui lato IH è la perpendicolare; e siccome il lato HK in questo caso è 7 piedi, prendendo i tre quarti del quadrato di questo numero, cioè i tre quarti di 49, ossieno 36 3/4 pel quadrato della perpendicolare ed estraendo la radice quadrata di questo numero si avrà circa 6 piedi pel lato IH.

La tele avendo 7 piedi di altezza per 4 di larghezza, la superficie di ciascun'ala sarà di 28; per conseguenza le quattro ale insieme, saranno di $112 = S$, e supponendo che sieno urtate da un vento di 20 piedi di velocità ogni secondo, moltiplicando il quadrato di questo numero cha

è 400 $= a^2$ per la superficie precedente, e dividendo il prodotto per 2888 onde seguire ciò che indica la formola $\frac{a^2 S}{2888}$ (854), si avrà 15 libbre 1/2 per l'impressione laterale del vento nel caso del massimo effetto, supponendo che le ale facciano con l'asse un angolo di 55 gradi, e che le stesse ale sieno verticali; ma siccome quest'ultima circostanza non ha luogo, bisognerà fare una seconda riduzione, e dire secondo l'articolo 853, come H K =7 sta ad I H =6, così libbre 15 1/2 stanno alla forza media, che si troverà di libbre 13 2/7.

858. La lunghezza R H delle ale presa dal centro R dell'asse fino all'estremità H, qui trovasi di 10 piedi, da cui sottraendo 3 piedi e 6 pollici per la distanza H S, resteranno piedi 6 1/2 per la lunghezza del braccio di leva della potenza. D'altronde il raggio della ruota D preso dal centro dell'asse fino al centro di gravità di uno dei secchietti, essendo di 3 piedi, potrà essere considerato come un braccio di leva alla cui estremità è applicato il peso che si troverà dividendo il momento della potenza che è $\frac{1209}{14}$ pel raggio della ruota, ond'avere 28 $\frac{11}{14}$ libbre, ma siccome trattasi d'innalzar l'acqua per mezzo di una ruota i cui secchiotti si toccano immediatamente sopra una semicirconferenza del cerchio, e i cui bracci di leva debbono essere espressi da tutti i seni del quadrante circolare e non dal solo raggio; il peso dell'acqua riunito all'estremità del raggio, starà a quello dell'acqua contenuta nei secchietti, come la superficie di un quadrante circolare sta a quella del suo raggio, ovvero come 11 a 14.(57, 58): ora avendo trovato che la macchina poteva innalzare all'estremità del raggio una colonna d'acqua del peso di libbre 28 $\frac{11}{14}$ si dirà dunque come 11 a 14, così libbre 28 $\frac{11}{14}$ sta ad un quarto termine che si troverà di 36 libbre circa pel peso dell'acqua che la ruota innalzerà ad ogni giro nel caso del massimo effetto, quando sarà messa in azione da un vento di 20 piedi di velocità.

859. Per sapere la quantità d'acqua che questa macchina esaurirà in un'ora, bisogna osservare che la ruota e le ale avendo un'asse comune faranno un egual numero di giri in uno stesso tempo, che la velocità delle ale presa al loro centro di gravità trovandosi il terzo di quella del vento nel caso del massimo effetto, non faranno che 6 piedi ed 8 pollici di cammino ogni secondo, cui bisogna moltiplicare per 3600 ond'avere la velocità loro ogni ora, che sarà di 24000 piedi; che essendo divisi per 40 piedi e 6/7, circonferenza che descrive il centro di gravità di ciascun'ala in una rivoluzione, dà 587 giri ogni ora cui bisogna moltiplicare per 36 3/4 libbre di acqua: si ottengono 21572 libbre o circa 308 piedi cubici per la quantità d'acqua che questa macchina esaurirà in un'ora facendo astrazione da ciò che se ne potrà perdere. Non parlo del consumo che può cagionare l'attrito che è poca cosa, non avendo luogo che nei punti O e P ov'è sostenuto l'albero E D, non dovendo essere considerati tutti questi calcoli precedenti se non come esempi per far sentire l'applicazione dei principj che servono di fondamento a questo capitolo.

Mi scordava di dire che acciò un tal mulino sia capace del massimo effetto, bisogna sovra ogni cosa proporzionar bene la grossezza dei sec-

chietti alla quantità d'acqua che debbono esaurire, altrimenti il più od il meno ritarderebbe od aumenterebbe la velocità delle ale; ed allora questa velocità non essendo più il terzo del vento, la macchina non farebbe più ciò che si vuole che faccia.

Per dir qualche cosa anche della banderuola A, che deve dirigere il mulino a vento, bisogna considerare ch'essa ha 16 piedi e 6 pollici di lunghezza dal perno L fino alla sua estremità R, e che l'altezza RS è di 6 piedi, il che dà una superficie triangolare di piedi 49 1/2 senz'aver riguardo al vuoto che è verso il palo L che si è lasciato così per far vedere il telajo a cui sono attaccate le tavole, ma che nell'esecuzione deve essere coperto; ora questo triangolo avendo piedi 49 1/2 di superficia presenterà al vento una superficie molto più grande di quella che possano presentare le ali del mulino prese di fianco, quindi occorre necessariamente che il forte superi il debole, tanto più che il braccio di leva che corrisponda alla banderuola è espresso dall'intervallo L M, preso dal punto d'appoggio L, fino al centro di gravità M che si trova di 11 piedi di lunghezza (100). Mediante tutte queste considerazioni sarà facile calcolare lo sforzo del vento su questa banderuola.

860. La figura 3 rappresenta un'altra macchina che ha un vantaggio su la precedante, potendo innalzar l'acqua assai più alta; è una tromba aspirante il cui stantuffo agisce per mezzo delle ale di un mulino a vento e di una manovella; siccome il moto dello stantuffo dipende dall'azione delle ale, questa tromba innalzerà maggiore o minor quantità d'acqua in ragione della velocità del vento e della grandezza del corpo di tromba: non mi tratterrò a farne il calcolo, bastandomi il dire che si volge da sè stessa al vento per mezzo di una banderuola come nella precedente, non avendo che il telajo A B C D, Tavola 1, figura 3, che giri colla banderuola e con le ali; ed il corpo di tromba E F rimane immobile essendo ben fermo per l'armatura di legname di cui è munito. Credo che non sia necessario aggiugnere che quando l'acqua è innalzata all'altezza della doccia I, che può essere situata fino a 30 piedi sopra la superficie dell'acqua, essa va a scaricarsi in un truogolo per essere condotta ove si vuole, e che questa macchina può servire a disseccare un terreno acquoso o per irrigare i giardini e porvi getti d'acqua, cadute, ed altre simili cose.

861. Ecco un mulino a cappelletto rappresentato dalla fig. 4, tavola 2, il quale serve ad esaurire l'acqua per l'azione del vento, e che può essere utilissimo per disseccare un terreno acquoso: si compone di un asse C D cui sono attaccate le ale; quest'asse gira in due specie di colletti L, M, disposto in modo che non tocca mai l'albero fisso A intorno a cui gira tutta la macchina per essere diretta al vento dalla banderuola; perciò il mulino deve avere all'intorno un fosso circolare B B, onde il cappelletto tuffi nell'acqua in ogni senso: l'asse C D deve essere traforato da C fino alla sua estremità D per ricevere l'acqua che innalza il cappelletto, e poscia condurla nel vaso circolare K K che è sostenuto dei pali commessi con traverse incrociate, acciò comunque sia situato il mulino, il tubo D possa versar l'acqua senza dispersione; e per impedire che il tubo F che riceve l'acqua del vaso per condurla ove si vuole, non interrompa il moto delle ale del mulino, quando si troveranno da quella parte; si è fatto un sifone G F. onde le ale possano passare libe-

ramente. Aggiugnerò che l'asse CD trovandosi più carico verso C che verso D si potrà equilibrare mettendo dei pesi all'estremità della banderuola.

Siccome il più essenziale della macchina consiste nel far cadere l'acqua dei barili nel canale praticato al centro dell'albero mobile CD, si è creduto che per maggior intelligenza convenisse disegnare in grande la lanterna che porta il cappelletto espresso dalla figura 5. Supporremo ch'essa giri nel senso delle freccie che sono alla circonferenza: ciò posto, bisogna premettere che la lanterna è divisa in quattro celle da tramezze di tavole che corrispondono a quattro aperture quadrate, come *c* e *d*, praticate nell'asse nel luogo della lanterna; entro ciascuna di tali aperture vi è una piccola valvola di ferro che si apre e si chiude pel proprio peso: per esempio, vedesi chiaro che a misura che gira il cappelletto, ciascun barile allorchè trovasi varso la sommità della lanterna versa la propria acqua nella cella *a b c*, che corrisponde ad esso, e che allora la valvola *f* del foro *c* rivolta a questa cella, si trova aperta per dar passo all'acqua che entra nel tubo; tosto che la lanterna ha fatto un mezzo giro, il foro che era aperto si trova chiuso pel proprio peso della valvola, come vedesi in *g*; ma siccome ve ne sono quattro che si aprono e si chiudono l'un dopo l'altro, l'acqua ne trova sempre uno aperto per lasciarla entrare nel tubo; il che è così bene espresso dalla figura, che non ha bisogno di lunga spiegazione.

862. Per offrire un nuovo esempio del modo di calcolare le macchine mosse dal vento, suppongo che le tele d'ogni ala si stendano da O fino in P, figura 4, per la lunghezza di piedi 8 1/2 e per 5 di larghezza, il che dà 42 1/2 piedi quadrati per la superficie di ciascheduna, e 170 per tutte e quattro insieme; quindi si avrà $S = 170$; suppongo pure che la distanza dal centro R dell'asse al centro di gravità Q delle ale sia 6 piedi; e siccome dal punto Q si deve misurare la velocità delle ali, ne segue che il raggio della lanterna essendo il quarto del braccio di leva QR, il rapporto della velocità della potenza applicata al punto Q starà a quella del peso come 4 ad 1. Ora, chiamando a la velocità del vento, $\frac{a}{3}$ esprimerà quella della potenza nel caso del massimo effetto; per conseguenza $\frac{a}{12}$ potrà esprimere la velocità del peso, la quale chiamata x, e la potenza, P, si avrà $P \times \frac{a}{3} = x \times \frac{a}{12}$; ma siccome la formola dell'articolo 854 dà $P = \frac{a^2 S}{2888}$, sostituendo il valore di P nell'equazione precedente, si avrà $\frac{a^2 S}{2888} \times \frac{a}{3} = x \times \frac{a}{12}$ ovvero $\frac{a^2 S}{744} = x$ fatta la riduzione; questa è un'altra formola od equazione in cui non si tratta se non di conoscere la velocità del vento per giudicare del peso che la macchina innalzerà nel caso del massimo effetto, e della situazione più vantaggiosa delle ali rapporto all'asse.

Avendo $S = 170$, e supponendo che la velocità del vento sia di 16 piedi, si avrà $a^2 = 256$; per conseguenza $\frac{256 \times 170}{744} = x = 55$ libbre e 3/4,

cioè che i barili del cappelletto presi da una parte soltanto, e propriamente dalla superficie B dell'acqua fino alla sommità N della lanterna, non debbono comprendere insieme se non 56 libbre circa di acqua per innalzarne il più che sia possibile, colla massima velocità.

863. Bisogna osservare che più sarà grande l'altezza a cui si vorrà innalzar l'acqua, meno se ne esaurirà nello stesso tempo, perocchè il cappelletto sarà più lungo; e siccome deve essere assoggettato a non portare che la stessa quantità d'acqua, essendo in maggior numero i barili, bisognerà pure che la lanterna faccia più giri per vuotarli tutti: ora supponendo che si tratti d'elevar l'acqua a 15 piedi, e la circonferenza della lanterna sia di 10 piedi, bisognerà ch'essa faccia un giro e mezzo acciò tutti i barili che sono da B fino in N possano vuotarsi nel canale CD: durante questo tempo la macchina non avrà innalzato che 56 libbre di acqua, ovvero 37 libbre 1/3 ad ogni giro della lanterna, il che è lo stesso; ora siccome le ale della macchina e la lanterna girano nello stesso tempo, si potrà valutare la quantità d'acqua che il cappelletto esaurirà in un'ora tosto che si saprà il numero dei giri che faranno le ale in questo tempo; perocchè il centro di gravità Q essendo distante 6 piedi dal centro R dell'asse, descriverà ad ogni giro una circonferenza di circa 19 piedi; e la velocità delle ale non dovendo essere se non il terzo di quella del vento, il punto Q non percorrerà che 5 piedi e 4 pollici ogni secondo; occorrerà ad esso adunque un poco più di tre secondi e mezzo per descrivere una circonferenza intera, ma supporremo che questo tempo sia sufficiente onde evitare l'imbarazzo del calcolo: ciò essendo, le ali faranno 17 giri 1/2 in un minuto e presso a poco 1050 in un'ora; ma noi sappiamo che ad ogni giro di lanterna il cappelletto deve innalzare 37 1/2 libbre d'acqua, dunque moltiplicando questo numero per 1050 si avrà 39375, che diviso per 70 dà 563 piedi cubici d'acqua circa, per la maggior quantità che ne innalzerà questa macchina in un'ora all'altezza di 15 piedi con un vento di 16 piedi di velocità ogni secondo.

Dopo aver trovata l'acqua che può essere contenuta ne'barili da B fino in N, bisogna proporzionare la grandezza di questi barili al numero di essi, onde ciascuno non contenga presso a poco se non la quantità che deve innalzare; perocchè se ne contenesse di più, la macchina andrebbe troppo lentamente, e la diminuzione di velocità non essendo compensata da una quantità d'acqua proporzionata alla perdita del tempo, la macchina non sarebbe più capace del massimo effetto: in una parola, succederebbe tutto ciò che abbiam detto delle macchine mosse dall'acqua, poichè questo non è che una conseguenza degli articoli 589, 595 del primo volume: mentre acciò una macchina sia messa in moto dall'acqua o dal vento non potrà mai innalzarla nello stato di perfezione se non i 4/9 del suo peso di equilibrio.

864. Ecco un altro mulino sul gusto dei precedenti, ma assai bene immaginato per irrigare un terreno asciutto. La figura 2, Tavola 3, è la pianta del fondo di un pozzo scavato ad una profondità conveniente per ricevere le acque di un ruscello o di un fiume, ed è perciò che corrisponde ad un fosso di comunicazione per mezzo del picciolo acquedotto AB; la figura 1 esprime il profilo del pozzo e quello della macchina di cui si tratta: la soglia C serve a contenere una ralla in cui gira un perno attaccato alla trave D di un telajo DEE, composto di due ritti E commessi con le

traverse G; questi ritti mettono capo ad un cilindro di legno F che gira in un collare H I; questo collare è sostenuto e commesso con 8 pezzi K che sono innestati in una piattaforma circolare L M posata sul fondo del pozzo, e che non si può distinguer bene che nella quarta figura; quest'armatura che serve a sostenere la sommità della macchina, è immobile, il telajo D E E invece gira in ogni senso a seconda del vento per mezzo di una banderuola: la coda O N di essa è fatta di un pezzo grosso 4 pollici per 12 di larghezza da N in P, posata in piano, e la parte P O è molto più leggiera dell'altra N P, che ha bisogno di una certa forza per essere legata nel cilindro F; questo pezzo è attraversato dai maschi R, dagli zoccoli Q ritenuti da chiavi; questi zoccoli servono a portare l'albero S T cui sono attaccate le ale U; quindi si vede che quando il vento colpisce la banderuola, il telajo D E E e l'albero del mulino girano per mettersi nella direzione di esso.

In mezzo all'albero vi è una ruota X con due canalature paralelle che servono a contenere due corde o due catene perpetue che passano a traverso del pezzo E N e del cilindro, essendo entrambi trapassati da un foro; queste corde sostengono in aria un tamburo *a b* che porta un cappelletto di cui ora mostreremo l'azione.

Quando l'albero S T gira la ruota X, esso fa girare in pari tempo il tamburo *ab* e per conseguenza il cappelletto che cava l'acqua per portarla in alto e spanderla nel corpo del tamburo, la cui costruzione è rappresentata dalle figure 9, 10, 11, e 12: la 11.ª ne è l'alzato veduto di fronte; la 10.ª un profilo preso lungo l'asse; la 9.ª e la 12.ª due altri profili tagliati perpendicolarmente allo stesso asse: con questi sviluppi si vede che il tamburo è composto di due ruote C D, traforate diametralmente da un foro E, e congiunte insieme da 8 tavole come F, formanti altrettante celle senza fondo che vanno a terminare alla circonferenza del foro E, a traverso del quale passa un piccolo canale di bronzo G H espresso dalle figure 6 e 8 che ne fanno vedere la pianta ed il profilo; questo profilo che serve come di asse al tamburo è fissato ai ritti E del telajo D E E, ch'esso attraversa come fanno vedere le figure 14 e 16; il tamburo si colloca nell'intervallo C D delle figure 6 e 8 e gira intorno al canale G H senza quasi toccarlo perchè è sospeso alle corde di cui abbiamo parlato.

Le estremità G ed H del canale corrispondono nella figura 4 ad un rivo Q incavato nella pietra che serve di soglia al pozzo; quindi si vede che il cappelletto nel girare spande la propria acqua nel canale, da cui passa nel rivo e poscia cola in una doccia S T per essere condotta ove si vuole.

Le figure 3 e 5 sono due alzati diversi di questo mulino uno in faccia e l'altro di fianco col profilo del fosso in cui si raccoglie l'acqua ed il suo ingresso nel pozzo; finalmente la figura 7 rappresenta il piccolo tetto che copre il mulino e che gira con esso; la 15.ª figura indica la commessione dei pezzi componenti il collare H I disegnato nella 5.ª e nella 7.ª Non parlerò della 13.ª che è un pezzo di cappelletto di cui è facile immaginare la costruzione. Non ho creduto necessario calcolare gli effetti di questa macchina, mentre il gran numero di esempj della stessa specie non fanno che impinguare il libro male a proposito.

CAPO TERZO

DESCRIZIONE GENERALE DELLE TROMBE DI OGNI SPECIE ED ESAME DI CIÒ CHE PUÒ CONTRIBUIRE ALLA LORO PERFEZIONE.

Le trombe sono divenute così necessarie pei comodi che arrecano, ed il soggetto di questo capo è così interessante per sè stesso, che puossi riguardare come uno dei più osservabili di quest'opera: vi si troverà un esame di tutte le trombe finora immaginate, e mi vi sono tanto più volontieri applicato in quanto che sono persuaso che nessuno vi abbia atteso in modo bastantemente istruttivo per soddisfare a coloro cui piacciono le cose trattate con esattezza e che non stanno alle consuetudini stabilite da uomini puramente pratici, senza cercare se tale o tal'altra parte di una tromba è suscettibile di maggior perfezione.

In qualunque modo si facciano agire queste specie di macchine, possono tutte ridursi a tre principali: *tromba aspirante*, *tromba premente*; e quella che nello stesso tempo è *aspirante e premente*.

865. La tromba aspirante semplice è composta di due tubi A B, C D, Tavola 1, figura 1, il secondo de' quali ha un diametro molto più grande del primo; questi due tubi sono uniti da due specie di orli E F, chiamati *briglie* fuse coi tubi stessi; questi orli hanno quattro fori per passarvi le viti C C che si serrano con dadi e per congiugnere vieppiù queste labbra si mettono fra esse delle animelle di cuojo. Il tubo A B che s'immerge nell'acqua Y Z che si vuol innalzare, chiamasi tubo d'aspirazione; la sua estremità è alquanto dilatata inferiormente acciò l'acqua vi s'introduca meglio; e nel punto A A vi è una lamina di banda di ferro tutta sparsa di fori onde l'acqua nel salire non trascini seco qualche lordura. Il tubo C D che d'ordinario è di bronzo o di rame chiamasi *corpo di tromba*, e si fa levigatissimo nell'interno perchè lo stantuffo agisce entro di esso e bisogna diminuirne quant'è possibile l'attrito.

866. Lo stantuffo di questa tromba è una specie di tronco di cono rovescio O P K L la cui base maggiore è cinta da una zona di cuojo attaccato con uno o due ranghi di chiodi assai vicini fra loro; questa zona deve essere alquanto dilatata dalla parte superiore ed entrare a forza nel corpo di tromba quando vi s'introduce lo stantuffo il cui diametro deve essere due linee più picciolo: questi stantuffi si fanno di legno di carpino o di ontano essendo meno degli altri soggetti a spaccarsi e si accerchiano le loro basi con anelli di ferro, affinchè durino più a lungo: questo stantuffo ha un foro M K L lungo l'asse che si chiude con una valvola N di cuojo, attaccata sul legno da una coda che serve di cerniera; questa valvola quando è abbassata deve superare di un mezzo pollice il perimetro del foro, e per chiuderlo più esattamente si carica di una lastra di piombo;

finalmente lo stantuffo ha una coda O Q P, fatta collo stesso pezzo di legno ond'è composto, incavata ad arco O R P a cui è attaccata un'asta di ferro R 4: si è rappresentato questo stantuffo su la Tavola 2 con le figure 11 e 12.

867. Nel mezzo E F dell'unione del corpo di tromba col tubo d'aspirazione vi è un altro foro H, chiuso da una seconda valvola G, sviluppata nelle figure 2, 3 e 4, su le quali mi tratterrò un momento: il tubo d'aspirazione A B è unito ad una lastra di bronzo rappresentata dalla figura 4 fusa insieme al tubo; questa lastra ha nel mezzo un foro H che abbiamo già menzionato ed il diametro E F eccede quello del tubo d'aspirazione: la parte eccedente forma una corona da noi chiamata *briglia*, la cui larghezza è espressa dall'intervallo E G ed I F di due cerchi concentrici; su questa corona si applica una animella di cuojo N K L incavata da N in L per contenere la coda della valvola; come si può vedere nella figura 3, ove è facile distinguere il pezzo di cuojo componente la valvola che si è espresso con una tinta un poco più forte del resto; si osserverà che il suo diametro è più picciolo di G I, e più grande di quello del foro H onde possa chiuderlo esattamente. La seconda figura dimostra che se si applica l'orlo del corpo di tromba su la terza, la coda N della valvola e l'animella di cuojo O Q P si troveranno chiuse fra le due briglie che si serrano una contro l'altra col mezzo di viti e dadi, come si è detto più sopra.

Fa d'uopo che il pezzo di ferro o di bronzo R da cui la valvola è aggravata per renderla pesante, acciò si chiuda più prontamente, sia anche di forma circolare e che il suo diametro ecceda un poco quello del foro H; specialmente quando trattasi di trombe prementi; onde la grave pressione che deve soffrire la valvola non la faccia piegare.

868. Quando s'innalza lo stantuffo esso lascia un gran vuoto nello spazio I S T G, Tavola I, fig. 1, in cui non rimane se non un'aria estremamente dilatata; allora quella del tubo d'aspirazione non essendo più in equilibrio con l'aria del corpo di tromba (814) innalza per la propria elasticità la valvola G che chiudeva la comunicazione di questi due tubi, si dilata nello spazio I S T G e si mette allo stesso grado di rarefazione dalla superficie dell'acqua fino al di sotto della base S T dello stantuffo: la sua elasticità trovandosi indebolita, dà luogo al peso dell'atmosfera che preme sopra la superficie Y Z dell'acqua di farla salire nel tubo di aspirazione (790) fino ad una certa altezza che non è molto grande al primo colpo di stantuffo; perocchè l'acqua non può salire nel tubo senza condensar l'aria che vi si trova, mentre essa la riduce in uno spazio più picciolo di quello in cui era quant'è la capacità che essa occupa invece dell'aria; quindi l'acqua sale più rapidamente in principio che non alla fine, perchè a misura che caccia avanti l'aria essa la condensa di più e diviene in parte cagione dell'ostacolo che l'impedisce di salire di più; perocchè se si ferma per esempio all'altezza di tre piedi sopra la sorgente e si suppone che il peso dell'atmosfera equivalga a quello di una colonna d'acqua di 31 piedi di altezza, (814) succederà che l'elasticità dell'aria rimasta nella tromba sia ancor capace di sostenere una colonna d'acqua di 28 piedi dopo la condensazione prodotta dall'acqua che è salita.

Se si fa discendere lo stantuffo, la valvola G si chiuderà di nuovo, l'aria contenuta nello spazio I S T G trovandosi sempre più compressa a

misura che lo stantuffo discenderà, la sua elasticità acquisterà una forza prevalente al peso dell'atmosfera, (812) innalzerà la valvola N, e sfuggirà pel foro K L M; se allora s'innalza di nuovo lo stantuffo, la valvola N tornerà a chiudersi, e l'aria del tubo A B si dilaterà nello spazio I T, il peso dell'atmosfera farà salir l'acqua ancor più alta di prima; finalmente continuando a far agire lo stantuffo, l'acqua giugnerà nel corpo di tromba fino ad una certa altezza 5, 6; e lo spazio I S T G del corpo di tromba si troverà pieno parte di acqua e parte d'aria, la quale sarà ridotta nello spazio 5 S T 6; ma facendo discendere lo stantuffo, la valvola C chiuderassi di nuovo, l'aria che restava nel corpo di tromba sarà costretta a passare attraverso allo stantuffo con una parte dell'acqua che, salita una volta sopra la valvola N, non rimarrà altr'aria al di sotto ed allora l'acqua lo accompagnerà salendo fino all'altezza S T, facendo discendere lo stantuffo, l'acqua del corpo di tromba trovandosi premuta passerà al di sopra, e quando si farà salire essa sgorgherà nel vaso V X per essere distribuita ove si crederà opportuno; quindi vedesi che l'azione di questa tromba dipende da quella dell'aria esterna (790), e dal moto delle due valvole N e G che si aprono e si chiudono alternativamente.

869. Se si volesse sapere a quale altezza l'acqua salirà nel tubo d'aspirazione, alla prima corsa dello stantuffo e in tutte le altre che seguono, finchè sia giunta ad una determinata altezza nel corpo di tromba, bisogna primieramente cercare la capacità del tubo d'aspirazione, compreso lo spazio vuoto che trovasi sotto la valvola N, quando lo stantuffo è giunto al massimo abbassamento verso il fondo del corpo di tromba che non tocca mai a motivo del rialzo della valvola G; il foro K L M lascia ancora uno spazio pieno di aria che si deve considerare come facente parte del tubo d'aspirazione la cui capacità sarà perciò espressa dal volume d'aria esistente dalla superficie dell'acqua fino al di sotto dalla valvola N, che bisognerà dividere per la superficie del cerchio interno del tubo d'aspirazione onde avere l'altezza che avrebbe questo tubo, se fosse uniforme da un capo all'altro; del pari bisogna cercare lo spazio che percorre lo stantuffo e dividerlo per la superficie del cerchio del tubo d'aspirazione, allora il quoziente esprimerà l'altezza del vuoto del corpo di tromba ridotto ad un tubo dello stesso diametro di quello d'aspirazione; ed il rapporto di questo quoziente e del precedente, sarà lo stesso di quello del vuoto del corpo di tromba alla capacità del tubo d'aspirazione. Per fare di questi due termini un'applicazione che possa servire d'esempio, supponiamo che siasi trovato 26 piedi pel primo quoziente e 6 pel secondo: sommando questi due numeri si avranno 32 piedi che esprimeranno la capacità del tubo d'aspirazione con quella del vuoto cagionato dall'innalzamento dello stantuffo, *quindi l'aria naturale chiusa nel tubo d'aspirazione sta alla dilatazione a cui riducesi dopo aver innalzato lo stantuffo per la prima volta, come 26 a 32* (801).

Supporremo che c esprima il peso dell'atmosfera equivalente ad una colonna d'aria di 31 piedi di altezza, x l'altezza a cui si deve innalzar l'acqua nel tubo d'aspirazione al primo colpo di stantuffo, $26 = a$, e $32 = b$: ciò posto, quando si sarà innalzato lo stantuffo, la dilatazione dell'aria espressa da b, sarà in equilibrio con la colonna c, meno l'altezza dell'acqua che sarà salita nel tubo d'aspirazione; cioè con $c - x$, se l'acqua

che sale nel tubo d'aspirazione non diminuisce il volume dell'aria di tutta la capacità di cui essa occupa il posto; perocchè siccome abbiamo rimarcato nell'articolo 868 l'acqua caccierà l'aria innanzi; quindi la dilatazione di quest' aria non sarà più espressa da b, ma da $b - x$: è dunque con questa quantità che la colonna $c - x$ sarà in equilibrio; ma per gli articoli 814, 815 si sa che il prodotto dello spazio che occupa l'aria pel carico che sostiene, è sempre eguale al prodotto dello spazio in cui si è dilatata pel peso di cui allora è capace la sua elasticità; perciò il prodotto del volume dell'aria naturale del tubo d'aspirazione per 31 piedi d'acqua che è ac, sarà eguale a quello di $b - x$ per $c - x$, che dà $ac = bc - cx - bx + x^2$; e supponendo $c + b = 2d$, si avrà $ac - bc = x^2 - 2dx$; ovvero $ac + dd - bc = dd - 2dx + x^2$, o finalmente $x = d - \sqrt{ac + d^2 - bc}$, che fa vedere che al primo colpo di stantuffo l'acqua salirà nel tubo d'aspirazione all'altezza di circa 3 piedi 1 pollice e 9 linee: si troverà del pari a quale altezza salirà dopo ciascun colpo di stantuffo, e quanti bisogna darne prima che l'acqua cominci ad entrare nella vasca; ma su ciò non mi arresterò più a lungo essendo queste ricerche più curiose che utili in pratica; a me basta d'averne dato un cenno.

870. Circa le trombe prementi, le loro parti sono le stesse delle aspiranti non essendovi differenza che nella loro posizione, come puossi giudicare dalla figura 5, Tavola 1, in cui si vede che il corpo di tromba ABCD, tuffa nell'acqua che si vuole innalzare, la cui superficie è espressa dalla linea 2, 3; esso è unito ad un tubo saliente BGHC, per mezzo di labbri e viti: questo tubo è composto di due pezzi: il primo BEFC è contornato in modo da non fare ostacolo al moto del telajo di ferro TXYV, che sostiene l'asta N dello stantuffo M: ed il secondo EGHF, la cui grossezza è uniforme, conduce l'acqua al punto a cui si vuole innalzare.

Lo stantuffo di questa tromba differisce poco da quello della figura 1, essendo del pari munito di un foro L coperto da una valvola K: tutta la differenza consiste nell'essere posato capovolto; essendo la sua asta NO attaccata al traverso RS e TV del telajo il quale è sospeso al pezzo Z che si considera attaccato ad un bilanciere o ad una manovella: le figure 9 e 10, Tavola 3, mostrano questo stantuffo in due aspetti diversi.

Talvolta il corpo di tromba è di due pezzi onde dilatare l'inferiore APDQ, per facilitare l'ingresso allo stantuffo, e render all'acqua più agevole la salita; così si è usato nella costruzione delle trombe di Lione, ma si può fare tutto di un pezzo ed appagarsi di dilatarne la parte inferiore nella grossezza del metallo, come si è fatto nelle trombe di Nostra Donna o della Samaritana a Parigi, di cui parlerò in seguito. Circa la parte superiore del corpo di tromba vedesi che ha un foro coperto da una valvola I, di cui ci facciamo a spiegare l'effetto che è quello della stessa tromba.

871. Bisogna primieramente immaginare che lo stantuffo sia nella parte superiore del corpo di tromba; quando discenderà per la prima volta lascierà uno spazio vuoto, ove non potrà esservi che un'aria estremamente dilatata, proveniente da quella che era fra la valvola I e K; allora l'acqua di cui vuole occupare il posto sarà spinta all'insù dalle colonne collaterali, ajutata del peso dell'atmosfera (790); la valvola K si aprirà, l'acqua passerà a traverso dello stantuffo, salirà nel corpo di tromba e caccerà

innanzi l'aria che vi era rimasta, la quale presso a poco ridurrassi nello stato in cui era prima; ma tosto che si farà risalire lo stantuffo, la valvola K si chiuderà di nuovo, e l'acqua che è al di sopra essendo spinta allo ingiù si aprirà la valvola I, e passerà con l'aria del corpo di tromba nel tubo verticale: discendendo lo stantuffo, il peso dell'acqua rinchiusa nel tubo verticale chiuderà di nuovo la valvola superiore, ed il vuoto che si formerà nel corpo di tromba sarà successivamente riempinto dall'acqua a misura che lo stantuffo discenderà; il che essa farà tanto più liberamente, in quanto che non incontrerà verun ostacolo se non quello che può produrre il peso della valvola K che è poca cosa: finalmente quando lo stantuffo risalirà, l'acqua di cui sarà aggravato passerà di nuovo nel tubo saliente e continuando la stessa operazione un certo numero di volte, l'acqua giugnerà nel serbatojo ove si vuole innalzarla.

872. Secondo l'idea da me data delle trombe della prima e della seconda specie, sarà facile giudicare dell'effetto della terza, cioè della tromba *aspirante premente.* La figura 6 fa vedere che è composta di un corpo di tromba A B C D, di un tubo d'aspirazione C D E F, e di un altro verticale G K N O fatto di 3 pezzi: il primo G K è supposto fuso col corpo di tromba; il secondo I K L M serve a formare il gomito che deve avere questo tubo; ed il terzo L N O M a far salir l'acqua nel serbatojo: nel punto di congiunzione I K, vi è una valvola pendente S a cerniera che si apre e si chiude alternativamente con la valvola R, che è nel fondo del corpo di tromba: la prima S serve a ritener l'acqua passata nel tubo ascendente, per vietare ad essa il discendere nel tempo dell'aspirazione come or ora vedrassi.

873. Lo stantuffo P Q T V di questa tromba è massiccio e attraversato da un'asta di ferro fermata da due chiavette; rassomiglia a due coni tronchi eguali e simili riuniti per le loro basi minori; ciascuno di questi coni è munito di una fascia di cuojo dilatata in senso contrario.

Siccome lo stantuffo non deve discendere sotto il punto T V perchè altrimenti turerebbe l'ingresso G H del tubo verticale, vedesi che da principio vi è dell'aria densa rinchiusa nello spazio X T Z senza che si possa impedirlo, benchè questo sia un difetto essenziale come faremo vedere altrove: quindi allorchè s'innalza lo stantuffo per la prima volta, quest'aria si dilata nel corpo di tromba e cessa di essere in equilibrio con quella del tubo d'aspirazione che innalza la valvola R per la sua elasticità, onde poscia dilatarsi, il che lascia all'acqua la libertà di salire per qualche piede come si è spiegato nell'articolo 868; allora la valvola S rimane chiusa; nè si potrebbe aprire se non con difficoltà perchè l'aria del tubo verticale da cui è premuta ha maggiore elasticità di quella che trovasi dalla parte di Z; ma discendendo lo stantuffo, la valvola R si rinchiude, l'aria contenuta nel corpo di tromba essendo premuta sempre più, acquista una forza di elasticità superiore a quella che poggia contro la valvola S, la quale si apre e l'aria del corpo di tromba passa nel tubo saliente finchè da una parte e dall'altra sieno in equilibrio: quindi facendo risalire lo stantuffo, la valvola S chiudesi di nuovo, ed è poscia premuta nel tubo saliente: continuando la stessa operazione l'acqua giugne finalmente nel corpo di tromba in cui trovasi mescolata all'aria che non si è potuto cacciare, e che poscia è cacciata con una parte dell'acqua dalla discesa dello

stantuffo, passando l' una e l'altra nel tubo verticale; ed è dietro ciò che l'inferiore sale senza difficoltà nel corpo di tromba in cui accompagna lo stantuffo fino all' alto, per essere premuta nel tubo verticale in cui è ritenuta nel tempo che lo stantuffo aspira di nuovo.

874. Le trombe della terza specie possono essere variate in maniere diverse nelle loro costruzioni, avendo ciascuna i suoi vantaggi e i suoi difetti che esamineremo dopo aver mostrate le diverse situazioni che si possono dare ai tubi d' aspirazione ed ai tubi verticali rapporto ai corpi di tromba.

Nella figura 7 vedesi che il tubo d'aspirazione CDE è disimpegnato dal corpo di tromba cui è superiormente unito, acciò lo stantuffo A che non differisce per nulla dal precedente, se non in quanto la sua asta è portata da un telajo, possa spingere l'acqua dal basso all'alto, mentre l'altra la preme all' ingiù; perocchè vedesi che quando si abbasserà per la prima volta formerà un vuoto in cui si dilaterà l' aria naturale rinchiusa nello spazio CB; allora quella del tubo d'aspirazione aprirà la valvola C e si spanderà nel corpo di tromba, facendo risalire lo stantuffo, la valvola F si aprirà e la più gran parte dell'aria sarà premuta nel tubo saliente G; continuando ad aspirare ed a premere, l'acqua finalmente giugnerà nel corpo di tromba e salirà nel tubo G, il che è facile intendere da ciò che si è detto poc' anzi.

875. Le trombe della terza specie hanno talvolta due stantuffi, uno dei quali aspira l' acqua mentre l'altro la preme per farla salire; tali sono le trombe del ponte di Nostra Donna a Parigi, il cui effetto è rappresentato dalla figura 8: primieramente vi è un corpo di tromba AB unito al tubo d'aspirazione EF, avente una valvola Y, a congiunzione ordinaria; questo corpo di tromba sgorga la sua acqua in un vaso HG, da cui è presa dall' altro stantuffo O per essere premuta nel corpo di tromba PQ e di là nel tubo verticale RS che termina al serbatojo. Credo che non sia mestieri il dire che le aste M ed N degli stantuffi sono attaccate alla traversa KL del telajo CD, che le fa agire in tal modo.

Quando il telajo s'innalza, l' acqua del fiume passa nel tubo d' aspirazione EF per la pressione dell'aria esterna (790), elevando la valvola Y sale nel corpo di tromba AB che lo stantuffo I ha lasciato vuoto; e quando il telajo discende, la valvola X si apre e chiudesi l'altra Y, e tutta l'acqua del corpo di tromba passando a traverso dello stantuffo va a scaricarsi nel vaso HG; d' altronde lo stantuffo O discendendo lascia uno spazio vuoto nel corpo di tromba PQ; allora l'aria che preme su la superficie HW del vaso fa innalzare la valvola T, e il corpo di tromba si riempie; poco dopo risalendo lo stantuffo si chiude la valvola T, costringe l'acqua ad aprire l'altra V, passa nel tubo RS, che si rinchiude appena discende lo stantuffo; vedesi quindi che la vaschetta rimane sempre piena, aspirando lo stantuffo I tant' acqua quanta ne preme l' altro O: è anche utile dar qualche linea di più al diametro del corpo di tromba inferiore, acciò siavi sempre nel vaso più acqua di quella che ne può salire per sovvenire al difetto di quella che si perde.

876. Ecco un'altra maniera di tromba che appartiene alla terza specie, eseguita nella macchina di Marly; trattasi prima di un tubo d'aspirazione HLMKIFDCEG, Tavola 2, figura 13, di un solo pezzo, uno de' cui

capi GH è unito con un tubo d'aspirazione NO che tuffa nell'acqua; l'altro LMK che fa angolo retto con esso termina al tubo saliente KSM, che porta l'acqua sul monte al primo serbatojo, nel cui mezzo è un braccio ECDF attaccato al corpo di tromba ABCD, in cui agisce lo stantuffo Q, perfettamente cilindrico e massiccio attraversato dall' asta VY sospesa ad un bilico pendente che le dà moto come faremo vedere altrove.

Riguardo all' effetto di questa tromba vedesi che quando lo stantuffo sale fino in T, l' aria della parte PX si dilata nello spazio YZ; quella del tubo d'aspirazione NO apre la valvola P, e si spande colla precedente, e la valvola R rimana chiusa dall' azione del peso dell' atmosfera; ma quando lo stantuffo si abbassa la valvola P si rinchiude, si apre l'altra R, e l' aria è spinta nel tubo S; quando dopo un certo numero di colpi di stantuffo l'acqua finalmente è giunta nel corpo di tromba, essa è premuta nel tubo verticale S.

877. La figura 15 rappresenta pure una tromba aspirante e premente eseguita in Inghilterra sulle sponde del Tamigi a *York-buildings* nella famosa macchina che innalza l' acqua per mezzo del fuoco. Il tubo d' aspirazione AB è unito al corpo di tromba CDEF, come al solito, ed ha una valvola M nel luogo di congiunzione. Il tubo saliente FGKL è pure accompagnato da una valvola N per chiudere lo sbocco IH della parte GI a gomito: fin qui tale tromba rassomiglia di molto a quella espressa dalla figura 6, Tavola 2, ma il restante è affatto diverso; lo stantuffo OPQ è un cilindro cavo di bronzo che si riempie di piombo per dargli un peso capace di premere l' acqua che deve passare nel tubo verticale; e siccome l' altezza di quest' acqua potrebbe esser tale che il peso non bastasse, si carica di lamine di piombo T, che s' infilano nella verga V nel numero che occorre; perciò la testa dello stantuffo che non entra punto nel corpo di tromba ha una figura quadrata di sufficiente capacità per servire di base al peso T.

878. Per evitare l' attrito dello stantuffo contro la superficie interna del corpo di tromba, che sarebbe considerabile se avesse luogo su tutta la sua estensione, si è dato al diametro dello stantuffo due o tre linee di meno che a quello del corpo di tromba, onde lasciare un intervallo fra tutti e due; nondimeno per impedire la comunicazione dell' aria che sarebbe un ostacolo all' aspirazione; e far in modo che premendo l' acqua non esca per l' imboccatura CD del corpo di tromba, si è disposta essa imboccatura in modo semplicissimo ed ingegnoso, ma che non si può intender bene se non col soccorso della figura 16, che non è altro che la parte CD ripetuta in grande.

L' ingresso LL del corpo di tromba è munito di un labbro KL, tutto all'intorno e fuso insieme come le solite boccaglie. Sul labbro sono applicate due o tre girelle di cuojo EFG, ripiegate intorno alla superficie interna del corpo di tromba, poscia vi è un anello di bronzo il cui diametro minore è medio fra quello dello stantuffo e quello del corpo di tromba; sopra vi sono poggiate altre animelle di cuojo ABZ ripiegate come le precedenti ma in senso opposto, è il tutto ricoperto da un secondo anello di bronzo HH il cui diametro minore II è eguale a quello del corpo di tromba; quest' anello è legato al labbro KL con viti CD accomodate nei loro dadi, figure 15 e 16; quindi l' anello di mezzo serve di guida allo stantuffo

che non tocca se non il cuojo Z G, col quale è intimamente unito: perocchè siccome vi è sempre dell' acqua nella vasca X Y il cuojo si conserva gonfio; non potendo quest'acqua sgorgare, impedisce che l' aria esterna possa introdursi nel corpo di tromba e ciò nel modo il più comodo; poichè si può quand' è necessario rinovellare i cuoj e conservare la tromba in buono stato senza essere costretti a smontare alcuna di queste parti.

Acciò l'acqua della tromba stessa possa mantener piena la vaschetta, vi si è aggiunto un robinetto R comunicante col corpo di tromba, e chiuso da una chiave S come nelle fontane comuni. Quando lo stantuffo preme a cagione dell' azione che gli si è data, l' acqua sale nel robinetto, e quando vuolsi che ritorni nella vasca non si farà che volgere la chiave S; e siccome la violenza con cui è spinta per lo sforzo dello stantuffo la farebbe zampillare impetuosamente, si è opposta ad essa una lamina di bronzo Z sostenuta da quattro braccia legate insieme come mostra la figura: questo robinetto serve pure nel principio dell' aspirazione per cacciar l'aria più prontamente dalla tromba che non se fosse obbligata di uscire dal solo tubo verticale; si apre e si chiude la chiave S, alternativamente quando lo stantuffo sale e discende, come nella macchina pneumatica.

879. In tutti i disegni di tromba da noi descritti si è dovuto vedere che l' acqua non passa nel tubo verticale se non per intervalli, cioè quando lo stantuffo preme e che il tempo dell' aspirazione è un tempo perduto, perciò nelle grandi macchine che servono ad innalzar l' acqua, vi sono almeno due corpi di tromba separati A e B, Tavola 2 figura 17, che corrispondono al medesimo tubo saliente C per le braccia D ed E che vi si riuniscono; allora mentre lo stantuffo F aspira l' altro G preme, e l' acqua non cessa di salire; in tal modo sono eseguite le trombe della Samaritana a Parigi il cui profilo, preso in un altro senso, è rappresentato dalla figura 14 ove si osserverà che le valvole dei corpi di tromba sono a conchiglia come se ne può giudicare dalle figure 18 e 19. De la Hire figlio, ha immaginato una tromba riferita nelle Memorie dell'Accademia Reale delle scienze dell' anno 1716, con cui l' acqua sale continuamente benchè non abbia che un solo corpo di tromba; ma siccome mi è sembrata complicatissima e soggetta a molti inconvenienti, non ne faccio la descrizione piacendomi di più quella che segue, lo scopo della quale è lo stesso.

880. La figura 20 dimostra che questa tromba è composta di un tubo C A B, diviso in due parti eguali A B ed A C formante due corpi di tromba opposti che terminano ad uno stesso braccio Q D R, a cui comunicano per due fori G ed H, come se ne può giudicare dalla figura 23 che rappresenta questi due fori veduti di fronte, essendo un profilo preso fra B C, e Q D, pel quale si vede che a questa estremità tal braccio è elittico al pari dei due fori G ed F che si aprono e si chiudono alternativamente con una sola valvola comune ad essi. Per intenderla bene, bisogna immaginare un soffietto aperto a cui si fossero levate la canna e i manichi e le cui ale fossero elittiche formanti insieme un angolo di 60 gradi come rappresentano le figure 21 e 24 facendo vedere questa valvola in due sensi diversi l' uno in faccia e l' altro di fianco; la figura 22 è un profilo tagliato nel mezzo della figura 21; questa valvola è tutta di bron-

ro, si fa massiccia o vuota, secondo la grandezza, poichè non trattasi che di renderla solida: vedesi nella figura 20 ch' essa agisce per mezzo di una cerniera collocata in E fra i due fori G ed H ov'è il suo centro di moto, e se si pon mente alle lettere simili che corrispondono alle parti relative delle figure 20, 21, 22, 23 e 24, non si avrà difficoltà di comprendere ciò che ho voluto dire.

Il telajo Z Y ha due stantuffi che agiscono in senso opposto; perocchè se si concepisce la macchina immersa nell'acqua fino all' altezza T V che ne esprime il livello, vedrassi che quando sale il telajo si apre la valvola N dello stantuffo M, e l' acqua entra nel primo corpo di tromba A B; che quella che trovasi rinchiusa nel secondo A C, essendo premuta dallo stantuffo X, passa pel foro H nel tubo ascendente, sostiene la valvola F nella situazione in cui presentemente si trova e mentre striscia lungo la faccia EK, l' altra E I si appoggia contro l' orifizio del foro G che tiene chiuso, ma tosto che il telajo discende la valvola N si chiude di nuovo, si apre la valvola L e quella di mezzo cambia situazione; l' acqua che si trova nel corpo di tromba A B passa nel foro G per essere spinta alla sua volta nel tubo ascendente, ed allora il foro H è chiuso dalla faccia E K; d' altronde entra nel corpo di tromba A C dell' altr' acqua che viene ad occupare il vuoto lasciato dallo stantuffo, per esserne cacciata alla sua volta come prima, quindi si vede che passa alternativamente pei fori G ed H e sale senza interruzione al serbatojo: siccome essa passa di continuo pel foro P, sembra che la valvola O sia quasi inutile; ma non dando verun incomodo non vi è nessuno inconveniente se vi si trova, perchè se venisse ad essere interrotta l' azione di uno degli stantuffi, l' altra farebbe sempre salir l' acqua come nelle comuni trombe prementi.

Nel pensiero di dare un' idea delle diverse trombe che si possono usare, eccone una accomodata a mio talento, che fa salir l' acqua senza interruzione come la precedente, ma in modo più semplice.

881. Il corpo di tromba D B è unito ad un recipiente di rame X Y Z di forma cilindrica, figura 25, coperto da una calotta Y emisferica: questi due pezzi comunicano con un foro G che si apre e si chiude per mezzo della valvola H, fatta di bronzo a cerniera: il tubo d' aspirazione A D corrisponde al corpo di tromba ed il tubo saliente Z W al recipiente: l' uno e l' altro muniti delle loro valvole F e V, come al solito; lo stantuffo C che si suppone massiccio, giuoca coll' ajuto di un telajo che ne sostiene l'asta che non si è indicata, per non imbarazzare la figura; presso a poco ecco di che si tratta.

Quando dopo alcuni colpi di stantuffo l' acqua è giunta nel tubo d' aspirazione al di sopra della valvola F, di là essa passa nel corpo di tromba per essere premuta all' insù; e quando ciò avviene per la prima volta essa riducesi nel recipiente e nel braccio I T al di sopra del foro I ad un' altezza E T, presso a poco allo stesso livello; allora l' aria rinchiusa nello spazio 2, 3 e 4, non può sfuggire per nessuna parte; continuando lo stantuffo ad aspirare e premere nuova acqua, una parte passa nel tubo verticale, e l' altra rimane nel recipiente; il che aumenta sempre più l'elasticità dell'aria a misura che si trova ridotta in uno spazio minore (811); perciò è bene osservare che il foro G per cui entra l' acqua

essendo più grande dell'altro I per cui esce, lo stantuffo ne preme sempre più di quella che può passare nello stesso tempo pel tubo ascendente. Siccome la valvola H si rinchiude ogni volta che lo stantuffo discende quando l'aria del recipiente ha acquistato una forza di elasticità al di sopra di quella che la metterebbe in equilibrio con un peso eguale a quello di una colonna d'acqua avente per base il cerchio del recipiente, e per altezza quella del tubo ascendente, l'aria fa uno sforzo sopra la superficie dell'acqua e la costringe a discendere dal livello 5, 6 al livello 7, 8, premendola nel serbatojo, e il diametro del recipiente essendo molto più grande di quello del tubo ascendente, basta che la superficie dell'acqua discenda di qualche pollice per somministrarne quanta ne può passare al serbatojo nel tempo dell'aspirazione; quindi salirà essa senza interruzione, poichè basta che lo stantuffo ogni volta che preme, spinga la doppia quantità d'acqua che può passare nello stesso tempo pel foro I.

Per mantener sempre l'aria presso a poco al più conveniente grado di condensazione, e che non acquisti maggiore elasticità di quella che occorre, giova che il recipiente corrisponda ad un picciolo tubo chiuso da una valvola che essendo caricata di un peso proporzionato alla forza dell'elasticità che deve aver l'aria, conservi l'equilibrio.

882. Si debbono fare molte osservazioni su le proprietà delle diverse specie di trombe di cui ho parlato; cioè che i cuoj degli stantuffi e delle valvole non fanno i loro effetti se non imperfettamente, allorchè si disseccano nel gran caldo, o quando le trombe non agiscono di continuo, il che costringe a gettare superiormente dell'acqua nella tromba per umettarla, particolarmente nelle trombe aspiranti espresse dalla figura 1. Le trombe aspiranti e prementi non sono scevre affatto da tale inconveniente a meno che non sieno immerse nell'acqua, come quelle delle figure 5 e 14; ma è molto fastidioso il disporle in tal modo per la difficoltà di ritirarle ogni qualvolta occorre di lavorare ad esse, o per rinnovare i cuoj o pulire le valvole e gli stantuffi che col tempo si caricano di melma.

D'altronde le aspirazioni hanno quasi sempre qualche imperfezione per la congiunzione dei tubi che non si effettua mai così perfettamente che l'aria non vi possa alcun poco penetrare; del pari quando il cuojo di uno stantuffo non è umettato abbastanza, esso cessa di aderire alla superficie interna del corpo di tromba, e l'aria introducendosi nello spazio vuoto fa cessare l'aspirazione, specialmente quando è grande; perciò bisogna star bene attenti di farlo più picciolo che sia possibile; cioè innalzare meno che si potrà il corpo di tromba al di sopra della superficie dell'acqua che si vuol aggottare senz'aver riguardo a tutto il peso dell'atmosfera, che non può aver luogo se non con condizioni che di rado s'incontrano e di cui faremo menzione in seguito: ci basti dire presentemente che quanto più è picciola l'aspirazione, più l'acqua ascende velocemente e più umidi conserva i cuoj.

Per avere la facilità di riparare una tromba premente immersa in un fiume si pone nel fondo una tinozza cogli orli che sormontino la superficie dell'acqua e si vuota quando vuolsi visitare la tromba; ma potendo essere sommersa nel tempo delle grandi escrescenze, si ricade nello stesso inconveniente.

883. Il mezzo più sicuro e più comodo per innalzare l'acqua a considerevole altezza si è quello di fare queste specie di trombe simili alla figura 8;

si può rendere l'aspirazione picciola quanto si vuole, poichè basta che il fondo della vasca G H sia elevato di qualche piede al di sopra della superficie delle massime piene; quella che vi sale mantiene sempre bagnati i cuoj, e quando si ha da fare qualche riparazione si scoprono le trombe per smontarle senza toccare il tubo d'aspirazione, Tavola 1, figura 8; quindi questa tromba mi sembra preferibile a tutte le altre, specialmente quando vi fossero, come nella macchina del ponte di Nostra Donna a Parigi, più cilindri che facessero salir l'acqua incessantemente, mentre bisogna osservare che tale tromba, la quale potrebbe esser comoda per un particolare, non converrebbe forse per dar l'acqua ad una città; ciascuna di quelle che qui riporto può avere il suo merito; ma è duopo saper sceglier bene secondo i luoghi e le circostanze: per esempio se si avesse un bacino che ricevesse l'acqua da una sorgente e da un fiume per mezzo di un canale che potesse essere interrotto nel suo corso da una chiavica e che vi fosse del pendio per poter essiccare il bacino ogniqualvolta si credesse necessario, potrassi far uso della tromba espressa nella figura 5 a preferenza di quella di cui ho parlato, essendo più semplice e per conseguenza di minore spesa, riguardo alla esecuzione ed alla manutenzione; perocchè più è composta una macchina più sono i pezzi soggetti a sconcertarsi.

In quanto alle trombe delle figure 6 e 7, io sarei più per la seconda che per la prima essendo assai più comodo far premere uno stantuffo dal basso all'alto che dall'alto al basso; d'altronde le aste di ferro che per ciò s'impiegano hanno forza molto maggiore quando sono stirate secondo le loro lunghezze che quando sostengono uno sforzo che tende a farle piegare; il peso del telajo nella settima figura basta per far discendere lo stantuffo e sormontare la colonna d'acqua che le è opposta; si mantiene perpendicolarmente al corpo di tromba ed è facile assoggettarlo a questa situazione mettendo una porzione di cerchio all'estremità del bilanciere che porta il telajo invece che quando preme dall'alto al basso, l'asta piega, allontana lo stantuffo e cagiona un forte attrito che logora i cuoj in brevissimo tempo.

884. Bisogna osservare di regolar così bene l'innalzamento dello stantuffo nelle trombe di cui parliamo, che premendo non turi mai affatto l'ingresso H del tubo ascendente o d'aspirazione, principalmente nella 7 figura, perchè potrebbe succedere che lo stantuffo, trovandosi vicinissimo alla valvola F, quando non vi fosse più aria in tutti e due, avesse a sormontare discendendo tutto il peso dell'atmosfera che cagionerebbe una resistenza eguale al peso di una colonna d'acqua avente per base il cerchio dello stantuffo e per altezza 32 piedi circa; di modo che se il diametro dello stantuffo fosse di 6 pollici, il suo cerchio sarebbe respinto all'insù con uno sforzo di 440 libbre, che trovandosi al di sopra del peso del telajo non mancherebbe di sostenerlo in aria senza poter discendere.

Da ciò proviene che talvolta una tromba cessa ad un tratto di agire senza che se ne possa indovinare la cagione, che non è sensibile se non per coloro cui nulla sfugge; ma per quelli che non hanno acume la cercano invano e credono che ciò provenga da alcuni difetti per parte delle valvole o dello stantuffo; si smonta la macchina più volte e non vi si vede se non ciò che si era di già veduto, senza sapere come cavarsi d'impaccio.

885. Nelle trombe aspiranti e prementi succede d'ordinario che la po-

tenza che le mette in moto, non agisce in modo uniforme, quando non vi è che un solo equipaggio; perocchè l' aspirazione succede senza che essa vi abbia veruna parte bastando il solo peso del telajo che porta lo stantuffo a farlo ricadere; soltanto adunque quando preme esercita uno sforzo a meno che non vi sieno due equipaggi come nella figura 17; mediante una doppia manovella la potenza agisce sempre egualmente, poichè mentre l' aspirazione succede da una parte, preme dall' altra; sulla qual cosa giova osservare che se si ha un solo cilindro che faccia salir l' acqua incessantemente, come nella figura 20, poste tutte le cose eguali d' altronde, bisogna vincere una potenza doppia di quella che occorrerebbe se gli stantuffi M ed X agissero in due corpi di tromba separati come nella figura 17; perocchè acciò lo stantuffo M possa premere l' acqua del suo corpo di tromba fa duopo che il telajo Z Y sia munito di un peso superiore a quello della colonna d' acqua avente per base il cerchio dello stantuffo e per altezza quella del serbatojo al di sopra del foro G; ma quando la potenza farà risalire il telajo, le occorrerà una forza capace di vincere non solo la colonna d' acqua che preme lo stantuffo X, ma il peso ancora da cui sarà aggravato il telajo; il che fa veder che questa tromba non è vantaggiosa come ha potuto sembrare quando l' abbiamo descritta; perocchè si può avere la corrente di un fiume o qualunque altro motore capace di far agire due trombe separate che premerebbero l' acqua alternativamente ma che non bastassero a fare interpolatamente uno sforzo doppio di quello onde sarebbe capace di continuo. Dopo tutto ciò supponiamo che il motore basti; e non è egli meglio avere un sol corpo di tromba semplice come nella figura 5, o 7, in cui la superficie del cerchio dello stantuffo fosse doppia della superficie di quello degli stantuffi M od X, che non l' averne uno più composto che non producesse maggior quantità d' acqua coll' andare del tempo, purchè ogni ora innalzi al serbatojo tant' acqua quanta ne può somministrare il motore; nulla importando che ciò succeda ad intervalli o per getto continuo? Se De la Hire vi avesse riflettuto avrebbe forse valutato meno la tromba da me citata, perchè si trova precisamente nel caso di quella di cui si parla.

886. Si può dire lo stesso della tromba espressa dalla figura 25; perocchè, sebbene sia in parte di mia invenzione, non pretendo di risparmiarla più delle altre: onde l' acqua passi continuamente al serbatojo fa duopo che lo stantuffo nel salire prema una quantità d' acqua doppia di quella che può passare nello stesso tempo pel foro I, acciò quella che rimane nel recipiente possa salire alla sua volta durante l' aspirazione; e quindi il cerchio dello stantuffo deve avere una superficie doppia di quella del foro I; d' onde segue che la potenza sostiene, ogni volta che lo stantuffo s' innalza, il peso di una colonna d' acqua avente per base il cerchio dello stantuffo e per altezza quella del serbatojo, al disopra dello stesso stantuffo. Ora se il diametro del tubo ascendente fosse eguale a quello dello stantuffo l' acqua salirebbe tutta ad un tratto al serbatojo ad intervalli bensì come nella figura 7; ma si avrà sempre ogni ora la stessa quantità d' acqua; quindi le trombe 20 e 25 non meritano nessuna preferenza su la 7, e non le ho riportate se non per far vedere che quando non si esaminano da vicino le cose è facile lasciarsi abbagliare da vantaggi apparenti; e questo è il caso in cui cadono quasi tutti i macchinisti: afferrano

con entusiasmo un'idea ingegnosa che si presenta e che dà alla cosa di cui si tratta un'arie di novità; pubblicano tosto la pretesa maraviglia e la moltitudine vi applaude; nondimeno, ponderato tutto, avviene di spesso che la scoperta non mira che a rendere una macchina più composta che non era, senz'essere capace di maggior effetto; giacchè finalmente bisogna scolpirsi in mente che le leggi della meccanica hanno dei limiti che non si possono oltrepassare e che se si guadagna da una parte si perde necessariamente dall'altra; il più delle volte per non essere persuasi di tale verità si è trascurato di rettificare un gran numero di macchine utili per non pensare che a produrne di nuove; nondimeno oso dire che rimangono molte cose da chiarire e senza uscir dall'argomento che tratto vedrassi esservi molti punti essenziali che sembrano sfuggiti a quelli che hanno lavorato su le trombe.

Nella costruzione delle macchine non si deve far nulla alla ventura, tutto dev'essere legato e concatenato da proporzioni che debbono dipendere da un seguito di principj: e sovente questi principj dipendono essi stessi dal punto principale da cui si è partito; per esempio volendo determinare i rapporti che debbono avere fra loro le dimensioni di una tromba aspirante e premente onde rendere questa macchina più perfetta che sia possibile; considero primieramente che queste specie di trombe agiscono per mezzo del peso dell'aria, che è equivalente al peso di una colonna di mercurio di 28 pollici; ma siccome l'aria non è sempre nello stesso stato e pesa in un tempo più o meno che in un altro, convien calcolare soltanto sull'impressione di cui è capace quand'è più leggiera; e l'esperienza facendo vedere che il mercurio del barometro semplice non discende mai più di 15 o 16 linee sotto l'altezza di 28 pollici, io non considero il peso dell'aria se non come equivalente ad una colonna di mercurio di 26 pollici ed 8 linee o ad una colonna d'acqua di 31 piedi; quindi senza imbarazzarci della variazione dell'aria, prenderemo per massima che il suo peso sia eguale ad una colonna d'acqua di 31 piedi d'altezza; ed ecco il punto fisso che non bisogna mai perdere di vista.

887. La perfezione di cui sono suscettibili le trombe dipende,

1.° Dal diametro dello stantuffo relativamente alla forza della potenza motrice che deve animarlo.

2.° Dal diametro del tubo d'aspirazione che deve essere assoggettato a quello del corpo di tromba, alla velocità dello stantuffo ed all'altezza a cui bisognerà far salire l'acqua per aspirazione.

3.° Dalla maggiore altezza a cui puossi innalzar l'acqua per aspirazione relativamente al peso dell'atmosfera, al gioco dello stantuffo, alla disposizione interna del corpo di tromba acciò l'acqua giunga fino allo stantuffo, e non incontri ostacolo nella via.

4.° Dalla grossezza che bisognerà dare al corpo di tromba ed al tubo verticale, per essere capace di sostenere lo sforzo che tende a sfiancarli.

5.° Dalla più vantaggiosa costruzione degli stantuffi, onde la loro superficie abbia una perfetta adesione a quella del corpo di tromba e che l'aria nè l'acqua possano mai passare fra loro.

6.° Dalla scelta delle valvole, secondo i luoghi in cui si dovranno collocare, affinchè l'acqua passi dovunque liberamente, senza essere costretta a scorrere più veloce in un punto che in un altro.

888. Ecco sei argomenti che vogliono essere esaminati con molta cura, e ciò tenteremo di fare nell' ordine con cui gli abbiamo indicati, perocchè ciò che abbiam detto fin qui sulle trombe non è che descrittivo per farne conoscere le diverse specie, e sarebbe un trascurare l'essenziale arrestandosi a così poco; ma prima d' entrar in materia giova sapere che qualunque sia la grossezza del tubo ascendente, la potenza che preme è sempre aggravata nello stato d' equilibrio di un peso eguale a quello di una colonna d' acqua avente per base il cerchio dello stantuffo e per altezza quella del serbatojo al disopra della testa dello stantuffo stesso, sia che l' acqua salga perpendicolarmente o lungo un piano inclinato, perocchè la colonna d' acqua a cui serve di base il cerchio dello stantuffo non pesa secondo il proprio volume, ma bensì secondo la propria altezza perpendicolare (360).

889. Siccome finora non abbiam detto nulla del modo di calcolare lo sforzo della potenza che muove uno stantuffo nel tempo dell' aspirazione, farò vedere a che si riduce, acciò non si abbia difficoltà a comprendere alcuni punti del seguito di questo Capitolo.

Consideriamo i due tubi N A B O e P S, figura 78, Tav. III, l'uno più grosso dell'altro, uniti insieme al fondo N O il quale ha un foro P. Per meglio far intendere quello che ho da dire sopporrò che il tubo P S corrisponda ad un altro H T, per la comunicazione S T, come se il tutto formasse una specie di sifone B S T H; aggiugnerò che nel fondo del tubo N A B O vi è uno stantuffo M sostenuto da una potenza X e che si suppone che la linea D K sia eguale all' altezza del braccio H T; quindi sottraendo da una parte e dall' altra le parti eguali G K, H L rimarrà D G eguale a K R o ad L T.

Ciò posto, se si versa dell' acqua nel tubo N B, fino all' altezza C D, ed il peso dello stantuffo M sia eguale al volume dell' acqua di cui occupa il posto, la potenza X sosterrà allora il peso di una colonna d' acqua avente per base il cerchio I K dello stantuffo e per altezza D K; (344) d' altronde se si riempie d' acqua il sifone P S T H, lo stantuffo sarà spinto all' insù per l' azione del peso della colonna H L soltanto, che farà lo stesso effetto come se il tubo P S eguagliasse in grossezza Q N O R (346, 347); perocchè l' acqua che è al disotto della linea I K, è in equilibrio per sè stessa (329); perciò lo stantuffo non è spinto all'ingiù che dal peso della colonna F C D G, differenza fra D K ed H L.

Se la potenza X volesse attrarre lo stantuffo per farlo salire ed il tubo H T fosse di continuo mantenuto pieno d' acqua, è sempre vero che questa potenza avrà bisogno ad ogni istante di un nuovo aumento di forza a misura che la linea I L si appresserà a F H, perocchè l' altezza della colonna H L, che spinge lo stantuffo all' insù, diminuirà a misura che salirà lo stantuffo, e invece quella che lo preme all' ingiù rimarrà sempre la stessa; quindi allorchè lo stantuffo sarà giunto al punto E, cioè quando la linea I K prenderà il posto di F G, la potenza X porterà tutto il peso della colonna I C D K, e la sua nuova situazione sarà divenuta F A B G.

È facile applicare ciò che precede alle trombe aspiranti, perocchè facendo astrazione dalla comunicazione S T, per non considerare che il tubo P V, la cui estremità S V tuffa nell'acqua, ed è rappresentata dalla linea Q V, si potrà prendere H T per una colonna d' acqua di 31 piedi d' altezza equi-

valente al peso dell' atmosfera (790) che preme la superficie QY, intorno al tubo d' aspirazione PV, e sostiene quella che sarebbe innalzata nello stesso tubo; la quale essendo in equilibrio con la parte LT della colonna HT, l' altra parte HL esprimerà ciò che rimane del peso dell' atmosfera per ispingere lo stantuffo all'insù, il quale essendo in tal modo premuto all'ingiù dal peso di tutta l' atmosfera equivalente a quello della colonna d' acqua IGDK, la cui altezza DK è ancora di 31 piedi, ne segue che sottraendo l' altezza HL o GK da DK, rimarrà la colonna FCDG o la sua eguale QIKR, per esprimere la parte del peso dell'atmosfera che preme assolutamente su lo stantuffo, per conseguenza la forza della potenza X.

Volendo che la potenza X faccia salire lo stantuffo da K in G con moto uniforme, è indubitato che la forza da noi attribuitale non basterebbe, mentre a misura che salirà lo stantuffo, sarà aggravato d' un peso maggiore che si avvicinerà sempre più ad eguagliare la totalità di quello dell' atmosfera; quindi bisognerà che la potenza abbia ad ogni istante nuovi aumenti di forza, secondo l'ordine de' termini di una progressione aritmetica per supplire all' azione della parte di peso dell'atmosfera espresso dalla colonna HL che spinge lo stantuffo all'insù, e che andrà sempre diminuendo e terminerà a zero, nel momento che la base IK sarà pervenuta all' altezza FG, cioè a 31 piedi sopra la superficie QY; allora la colonna che lo preme al basso sarà eguale al peso dell' atmosfera.

890. Segue da ciò, 1.° che la forza della potenza che aspira l'acqua in una tromba deve essere almeno eguale al peso della colonna d' acqua che avrebbe per base il cerchio dello stantuffo, e per altezza la distanza fra la sorgente e lo stantuffo quando è giunto alla massima sua elevazione; al che bisogna aggiungere il peso dell' acqua da cui è sormontato lo stantuffo, quando s' innalza sopra il termine d' aspirazione per versarla in un serbatojo.

2.° Che la grossezza del tubo d'aspirazione è indifferente alla potenza che innalza lo stantuffo, poichè essa sosterrà sempre lo stesso peso.

3.° Che l'altezza a cui si vuol innalzare l'acqua, essendo determinata al disotto di piedi 31, non si ha maggior vantaggio a farla salire per aspirazione da S in IK da quello che ad esaurirla collo stantuffo dalla stessa sorgente, e che fosse realmente aggravato da una colonna d'acqua eguale ad IQRK, nel caso in cui il corpo di tromba NFGO, avesse una grossezza uniforme per tutta l'altezza, cioè divenisse simile al tubo FQRG; ecco la spiegazione promessa della tromba menzionata sul terminare del Volume Primo, negli articoli 757, 758.

Sui diametri de' corpi di tromba, o degli stantuffi.

Quando si vogliono determinare le dimensioni di una tromba, bisogna prima di tutto conoscere: 1.° la quantità di moto che avrà la forza motrice che la deve far agire. 2.° l'altezza a cui bisognerà innalzar l' acqua al disopra della sorgente tanto aspirando quanto premendo od operando nei due modi insieme; perocchè da quello deve dipendere la grossezza del corpo di tromba o il diametro dello stantuffo, che è la prima dimensione che bisogna determinare per essere in istato di regolare le altre.

891. Secondo il principio generale di Meccanica, si sa che il prodotto della potenza motrice per la sua velocità è sempre eguale al prodotto del peso per la sua velocità (85, 89); e siccome sarà facile conoscere il valore del peso che la potenza può innalzare, in qualunque modo sia costrutta la macchina, non avremo in questo luogo riguardo che al peso, senza tener conto della sua velocità; quindi supporremo primieramente che si tratti di una tromba aspirante come quella della figura 1, tavola I, che deve servire ad innalzar l'acqua a 26 piedi d'altezza per scaricarla in una doccia; e che la colonna d'acqua che la potenza può sostenere indipendentemente dal carico dello stantuffo e delle ferramenta che l'accompagnano, sia equivalente ad un peso di 360 libbre; trattasi di saper qual debba essere il diametro della base di questa colonna, poichè sarà la stessa di quella dello stantuffo o dal corpo di tromba per l'articolo 360.

Il piede cilindrico, pesando 55 libbre (341), se si moltiplica per 26, si avranno 1430 libbre pel peso di una colonna d'acqua, avente per base un cerchio di 12 pollici di diametro e 26 piedi di altezza; ma siccome quella di cui si tratta non deve pesare che 361 libbre, si dirà: se una colonna di 1430 libbre dà 144 pollici pel quadrato del diametro della sua base, quanto darà una colonna di 360 libbre della stessa altezza pel quadrato del diametro della propria? Si troveranno circa 36 pollici, la cui radice dà 6 pollici pel diametro della tromba.

892. Se la potenza motrice dovesse far agire in pari tempo due trombe aspiranti, e gli stantuffi non elevassero l'acqua se non alternativamente, acciò la potenza lavori senza interruzione e non ad intervallo, non bisognerebbe calcolare che sul peso della colonna d'acqua da cui deve essere aggravato uno degli stantuffi, il che ritorna al caso precedente; ma se invece di due trombe aspiranti la potenza ne facesse muovere 4, o 6 alla volta, e non vi fosse che la metà del numero degli stantuffi che facesse innalzar l'acqua, mentre l'altra metà non fosse aggravata da verun peso estraneo, bisognerebbe dividere il peso che la potenza è capace d'innalzare per la metà del numero degli stantuffi; ed il quoziente darà il peso della colonna d'acqua che ciascuno di essi deve sostenere, di cui si cercherà il diametro della base relativamente all'altezza della stessa colonna per aver quella di tutti i corpi di tromba che supponiamo uniformi.

Se si avessero una o più trombe prementi, come quella che è rappresentata dalla figura 5, si troverà del pari il diametro di cui si tratta relativamente al peso che la potenza motrice può sostenere ed all'altezza della colonna o del serbatojo al di sopra della superficie dell'acqua che si vuol estrarre (890).

893. Ma se la tromba fosse aspirante e premente come quella delle figure 6, 7 e 8, il cui serbatojo fosse più elevato al di sopra dello stantuffo quand'è giunto nel punto più basso; che questo stesso stantuffo non fosse innalzato al di sopra della sorgente quand'esso aspira; la potenza facendo allora due sforzi separati, l'uno per aspirare (890) e l'altro per premere, bisognerà regolare il diametro del corpo di tromba (891) sul peso della più alta delle due colonne, cioè sul peso dell'acqua che deve passare nel tubo ascendente.

894. Finalmente se la potenza aspirasse da una parte e premesse in pari tempo dall'altra, come ciò avviene sovente, bisognerebbe in questo caso

determinare il diametro del corpo di tromba dello stantuffo che preme sul peso della colonna d'acqua che avrebbe per altezza l'elevazione del serbatojo al disopra della sorgente; perocchè in questo caso, la potenza sostiene insieme il peso della colonna che è premuta e quello della colonna aspirata dallo stantuffo (890); al che bisogna fare attenzione, come pure al numero degli stantuffi che agiranno ad un tempo, per dividere il peso che può innalzare la potenza pel numero delle colonne d'acqua che saranno effettivamente innalzate nello stesso tempo, onde determinarne con esattezza il diametro, per non cadere in qualche grossolano errore facendo i corpi di tromba troppo grossi o troppo piccioli, del che potrei citare degli esempj.

895. Quando le trombe sono di numero dispari, non agendo la potenza uniformemente, giova far osservare ciò che succede in questo caso, onde si sappia a che devesi aver riguardo, per determinare il diametro dei corpi di tromba. Supponiamo dunque che si abbiano tre stantuffi attaccati ad una manovella triangolare (112) per far salir l'acqua continuamente, e che il primo stantuffo nel tempo che agisce la macchina sia giunto alla sommità del suo innalzamento, il secondo sarà avviato a discendere e il terzo a salire; poscia il primo discenderà col secondo e il terzo salirà solo; immediatamente dopo, il secondo ed il terzo saliranno insieme ed il primo discenderà solo; giunto il terzo all'apice del suo innalzamento non tarderà a discendere col primo, ed il secondo soltanto salirà solo; il quale essendo seguito dal primo saliranno tutti e due insieme, e il terzo soltanto discenderà da solo; per conseguenza vi sono alternativamente due stantuffi che s'innalzano ed uno che discende, e poi due che discendono ed uno che s'innalza. Ora tanto se la potenza agisce per far discendere gli stantuffi, il che succede quando premono d'alto in basso, od agisce quando gli stantuffi risalgono per premere all'insù; questa potenza sosterrà interpolatamente due colonne invece di una; ma anche il braccio di leva corrispondente a queste colonne non essendo più che la metà del gomito della manovella, mentre quello della potenza rimane lo stesso, ne segue che queste colonne fanno lo stesso effetto come se non ve ne fosse che una la quale avesse per braccio di leva il gomito intero, che è il caso della massima resistenza (113), mentre la media non ne è che i quindici sedicesimi (114); perciò bisogna supporre che la potenza non debba muovere che un solo stantuffo e fare il cerchio di ciascuno dei tre corpi di tromba eguale ai quindici sedicesimi di quello che la potenza potrebbe innalzare, onde conformarsi all'articolo 114.

896. Non dico nulla dell'altezza che si deve dare ai corpi di tromba, benchè sembri dipendere dal loro diametro, tuttavia non si può stabilire un rapporto fra queste due linee, dovendo la prima essere soggetta all'azione dello stantuffo che dipende esso pure dalla costruzione della macchina; ma farò osservare di sfuggita che gli stantuffi che hanno maggiore corsa non sono già quelli che fanno salire più acqua al serbatojo; determinato una volta il diametro, il loro effetto dipende dalla velocità che ad essi puossi imprimere; allora è indifferente che abbiano tre o sei piedi di corsa, purchè percorrano due o tre piedi nello stesso tempo che ne percorrerebbero sei; poichè la velocità sarebbe sempre la stessa, a meno che non vi si fosse costretti da circostanze che non

permettessero di titubare nella scelta: per esempio quando l'altezza del tubo d'aspirazione è determinata, allora non si è padroni di fare il gioco dello stantuffo come si vuole; poichè se vi è uno spazio vuoto nel fondo del corpo di tromba, fa duopo che regni una certa proporzione fra questo spazio, il gioco dello stantuffo, l'altezza del tubo d'aspirazione ed il peso dell'atmosfera, come farò vedere a suo luogo; ma quando non si è costretti da nulla, se non si può fare in guisa che l'asta dello stantuffo si conservi sempre perpendicolarmente salendo e discendendo, è meglio, conservando allo stantuffo la più grande velocità che si potrà dare ad esso, fare le corse d'intervallo medio, perchè quanto più sono grandi, e più è obbliquo il moto della manovella o del bilanciere ov'è sospesa l'asta; il che affatica gli stantuffi più da una parte che da un'altra ed impedisce alla potenza di agire circolarmente; ma non è questo il luogo di esaminare tale articolo e ne parleremo più ampiamente altrove.

897. Quando un corpo di tromba ha un braccio G H L M, come nella figura 6, fa duopo che il suo diametro G H e quello del tubo ascendente sia almeno eguale al diametro del corpo di tromba affinchè l'acqua che premerà lo stantuffo passi senza contrasto; perocchè se fosse più picciolo, la potenza motrice sarebbe costretta a fare uno sforzo al disopra di quello che le conviene naturalmente; e se non mi sono conformato a questa massima nelle figure delle trombe che poc'anzi ho descritte, fu per renderle meno massiccie e per non caricare inutilmente le tavole.

898. Quando si hanno due trombe accollate che premono l'acqua alternativamente in uno stesso tubo ascendente a cui vanno ad unirsi le braccia o forche delle due trombe, come nella figura 17, basta che il diametro del tubo ascendente sia lo stesso che quello di uno dei corpi di tromba che suppongo eguali, perocchè gli stantuffi premeranno sempre uno alla volta: ma se si avessero tre corpi di tromba le cui braccia si riunissero ad uno stesso tubo ascendente, e che per intervallo vi fossero due stantuffi che premessero l'acqua nello stesso tempo, farebbe duopo per proporzionare la grossezza del tubo ascendente alla quantità d'acqua che vi dovrebbe passare, che il quadrato del suo diametro fosse doppio di quello del diametro del corpo di tromba; siccome pare che non si abbia avuto riguardo a tale considerazione, ma che al contrario tutti i macchinisti credono alleviare la potenza facendo il diametro del tubo ascendente minore di quello del corpo di tromba, farò in modo di disingannarli di un errore così grossolano.

Su l'inconveniente di fare il diametro dei tubi ascendenti e quello del foro delle valvole delle trombe prementi minore di quello degli stantuffi.

899. Avendo un tubo verticale A D, Tav. 3 fig. 1, sempre pieno di acqua, unito ad un braccio orizzontale C D E F, nel quale si è introdotto uno stantuffo P sostenuto da una potenza R; avverrà che se questa potenza che suppongo sempre la stessa è inferiore alla spinta dell'acqua, lo stantuffo sarà cacciato verso l'orifizio E F, con una certa velocità uniforme, e *l'azione relativa dell'acqua che sosterrà questa potenza, sarà espressa dal quadrato della differenza fra la velocità dello stantuffo e quella di cui è capace la caduta* B D; quindi chiamando *a* questa caduta; *b* quella che corrisponde

alla velocità dello stantuffo; e c la caduta capace della velocità rispettiva, si avrà $\sqrt{a} = \sqrt{b} + \sqrt{c}$ (483). Ora siecome il quadrato di $\sqrt{a}$, che è a, esprime la forza assoluta o l'altezza della colonna d'acqua che caccia lo stantuffo, il quadrato di $\sqrt{c}$, che è c, esprimerà del pari la forza rispettiva, o l'altezza di una colonna d'acqua che farà le veci di una potenza applicata allo stantuffo; perocchè per poco che vi si faccia attenzione si concepirà che non avvi velocità relativa che non possa essere considerata come una velocità naturale che non abbia ricevuto veruna modificazione: per conseguenza non avvi velocità rispettiva che non possa essere acquistata da una caduta la cui altezza determinerà quella della colonna d'acqua che ne esprimerà la forza assoluta (570).

Per render ciò più sensibile col soccorso delle tavole del primo volume, supporremo che la velocità dello stantuffo sia di 5 piedi e 6 pollici ogni secondo, e che la caduta B D sia di 10 piedi che si trova relativa ad una velocità di 24 piedi e 6 pollici, la cui differenza con quella dello stantuffo, dà 19 piedi per la velocità rispettiva ($\sqrt{a} - \sqrt{b} = \sqrt{c}$); cercandone la caduta c, si troverà di 6 piedi; ciò dimostra che la potenza R la quale sostiene lo stantuffo P con una velocità di 5 piedi e 6 pollici ogni secondo, è eguale al peso di una colonna d'acqua avente per base il cerchio dello stantuffo e per altezza 6 piedi ovvero c.

900. Se si tura l'orifizio E F, fig. 2, e si adatta al tubo D F un braccio verticale G I K E, la cui altezza I G sia eguale a c, che abbiamo trovato di 6 piedi, e che lo stantuffo P, di cui suppongo il peso specifico eguale a quello dell'acqua, sia posto al fondo G E del braccio G K; è indubitato che empiendolo d'acqua, lo stantuffo P sarà spinto all'insù dall'acqua del tubo A D, con una velocità uniforme espressa nel primo istante da $\sqrt{b}$, che è 5 piedi e 6 pollici ogni secondo; perciò non considereremo più se non il sifone B C D G F I il cui braccio minore può essere considerato come il tubo ascendente di una tromba, è il grande come la potenza che ne muove lo stantuffo; allora si potrà dire che la potenza o la forza assoluta della corrente, sta al peso della colonna che sostiene lo stantuffo, come B D $= a$ sta ad I G $= c$; ovvero come 5 a 3.

901. Ne segue che quando una corrente muove lo stantuffo di una tromba, le occorre più forza per innalzare con una certa velocità una colonna d'acqua che non se la sostenesse soltanto in equilibrio; e che la forza della corrente dev'essere tanto più grande quanto la stessa colonna sarà spinta con maggiore velocità, perocchè la velocità rispettiva della corrente rimanendo la stessa, bisogna necessariamente aumentare la sua velocità totale e per conseguenza la sua caduta per accrescere la velocità dello stantuffo.

In generale si può dire *che la potenza che sostiene uno stantuffo in equilibrio, sta a quella che lo muove con una determinata velocità, come il quadrato della velocità che un corpo può acquistare cadendo dall'altezza della colonna premuta, sta al quadrato della velocità composta della precedente e di quella dello stantuffo*, perocchè supponendo come ora facciamo che la corrente agisca immediatamente su lo stantuffo, l'altezza della colonna premuta esprimerà il quadrato della velocità rispettiva, e quindi la potenza che mantiene questa colonna in equilibrio, mentre quella che muove lo stantuffo deve essere rappresentata dal quadrato dell'intera velocità, la quale è sempre composta della velocità rispettiva e di quella dello stantuffo (899).

Dagli articoli precedenti si deduce una regola per conoscere la forza che deve muovere lo stantuffo di una tromba in cui è determinata l'altezza del tubo: per ciò bisogna cercare la velocità relativa ad una caduta eguale a quella dell'altezza a cui si vuole innalzar l'acqua, sommare questa velocità con quella che lo stantuffo deve avere ogni secondo; la caduta capace della somma di queste due velocità esprimerà l'altezza della colonna d'acqua che determinerà la forza cercata.

902. Supponendo un nuovo sifone A C E G, Tavola 3, figura 3, le cui braccia A B, D F sieno dello stesso diametro, come pure la comunicazione C D, e che siasi adattato al picciolo braccio D F un tubo H M I di un diametro più picciolo che prenderemo pel tubo ascendente di un corpo di tromba D F, è indubitato che riempiendo di acqua l'uno e l'altro occorrerà molto maggior forza alla colonna A B che deve cacciare lo stantuffo P per fargli percorrere lo spazio D G con moto uniforme, in un certo determinato tempo, di quello che gli abbisognerebbe se il tubo ascendente fosse di grossezza uniforme al corpo di tromba, benchè nello stato di equilibrio lo stantuffo sia sempre egualmente caricato (349), perchè questa forza dovrà nenecessariamente comprimere l'acqua che contiene il corpo di tromba in modo da imprimere una velocità al passaggio dell'orifizio H I che stia a quella dello stantuffo nella ragione reciproca del quadrato del diametro H I; il che è evidentissimo per l'articolo 455, in cui è dimostrato *che quando escono da due orifizj diversi delle quantità d'acqua eguali in tempi eguali, fa duopo che le velocità dell'acqua sieno nella ragione reciproca degli orifizj, o dei quadrati dei loro diametri*; quindi chiamando D il diametro G F del corpo di tromba, d quello del tubo ascendente H M I; V la velocità che deve aver l'acqua al passaggio dell'orifizio H I, e v quella dello stantuffo, si avrà $D^2 : d^2 :: V : v$; d'onde si deduce, $D^4 : d^4 :: V^2 : v^2$.

903. Avendo veduto nell'articolo 431 che *le forze imprimenti velocità all'acqua sono nella ragione dei quadrati delle velocità stesse*, chiamando F la forza che occorrerebbe alla potenza che preme l'acqua nel tubo H M I, ed f quella che occorrerebbe per farla salire nel tubo G K N F, di pari grossezza del corpo di tromba; si avrà $F : f :: V^2 : v^2$; e se in luogo dei due ultimi termini di questa proporzione, si pone D^4 e d^4, che sono nello stesso rapporto, si avrà $F : f :: D^4 : d^4$: ciò dimostra *che quando si avranno due tubi ascendenti di eguale altezza uniti à corpi di tromba dello stesso calibro, il primo di questi tubi di un diametro eguale a quello dello stantuffo e l'altro di diametro più piccolo, bisognerà che le forze impiegate per far salire una quantità d'acqua eguale nello stesso tempo sieno nella ragione reciproca dei quadrati quadrati, ossia delle quarte potenze dei diametri dei tubi ascendenti.*

Per esempio se si ha un corpo di tromba di 8 pollici di diametro, corrispondente al tubo verticale di 4 pollici soltanto; il loro rapporto sarà quello di 2 ad 1, le cui quarte potenze sono 16 ed 1; ora se si prende l'unità per esprimere la forza occorrente alla potenza per far salir una colonna d'acqua in un tubo di diametro eguale a quello del corpo di tromba, farà duopo che questa potenza sia espressa da 16 per premere l'acqua nella stessa quantità e nello stesso tempo, per un tubo il cui diametro non sarebbe che la metà di quello dello stantuffo.

Le stesse cose sussisteranno ancora sopprimendo il tubo H M I, figura 3,

per sostituirne un altro GKNF, di un diametro eguale a quello del corpo di tromba, se vi fosse in GF un diaframma con un foro HI, più picciolo del cerchio dello stantuffo, perocchè la potenza che spingerà quello stantuffo troverà la stessa resistenza a vuotare il corpo di tromba come se vi fosse il tubo HM, facendo astrazione dal maggior attrito che può far nascere questo tubo; il che dimostra la conseguenza del non fare il diametro della valvola al fondo del tubo ascendente più picciolo di quello del corpo di tromba, come faremo vedere più particolarmente negli articoli, 963 e 964.

904. Se la potenza che preme l'acqua senza ostacolo con un tubo saliente della stessa grossezza del corpo di tromba, non fosse suscettibile d'accrescimento, e che restando la stessa fosse costretta a premere l'acqua in un tubo più picciolo, *il tempo che le occorrerà in questi due casi per far percorrere la stessa corsa allo stantuffo saranno nella ragione reciproca dei quadrati dei diametri dei tubi ascendenti e del corpo di tromba* (460): quindi nell'esempio dell'articolo 903 se alla potenza occorressero 5 secondi per far percorrere allo stantuffo una corsa di 18 pollici, ne occorrerebbero 20 nel secondo caso per fargli percorrere lo stesso spazio.

905. Non ho punto avuto riguardo alle quantità di moto della potenza nei due casi in cui ho considerato la sua azione, perocchè avendo in esse supposta la stessa velocità, le sue quantità debbono essere nel rapporto delle resistenze che dovrà sormontare; nondimeno si osserverà che quando questa potenza sarà una corrente, la ragione reciproca delle quarte potenze dei diametri non può aver luogo che nel confronto delle forze relative della corrente, e non della forze assolute procedenti dalle intere velocità di cui può essere suscettibile.

906. Lo scopo principale di uno stantuffo che preme l'acqua essendo quello di farla salire molto più alta del livello della sorgente non succede mai che la caduta della corrente che lo muove sia più elevata del tubo saliente, come si è veduto negli articoli 900 e 902, perchè la corrente invece di agire immediatamente su lo stantuffo agisce so le palmette di una ruota, ciascuna delle quali ha la propria superficie molto più grande di quella dello stantuffo; allora la regola che si deve seguire dopo aver determinata la velocità della ruota, *è quella di fare in guisa che la superficie dello stantuffo, quella di una delle palmette, l'altezza a cui si vuole innalzar l'acqua e la caduta capace della velocità relativa della corrente formino quattro termini reciprocamente proporzionali*; o, ciò che è lo stesso, che il prodotto della caduta di cui parliamo per la superficie di una delle palmette, sia eguale al prodotto del cerchio dello stantuffo per l'altezza a cui si vuole innalzar l'acqua. Alla fine del capo IV si troveranno varie formole comprendenti tutto ciò che in questa materia si può desiderare.

Dagli articoli 901 e 904 consegue che quando una potenza farà muovere una tromba senza difetto, cioè una tromba premente nella quale il diametro del tubo ascendente e quello del foro della valvola sieno eguali a quello dello stantuffo si potrà sempre conoscere qual sia la forza necessaria a questa potenza per premere l'acqua con una certa determinata velocità relativa alla quantità d'acqua che si vorrà far salire ogni ora nel serbatojo.

Dell' altezza a cui si può innalzar l' acqua per aspirazione avuto riguardo alle dimensioni delle trombe.

Si è dovuto rimarcare nelle figure riportate su le Tavole 1 e 2 che il diametro dei tubi d' aspirazione era molto più picciolo di quello dei corpi di tromba cui appartenevano, perchè ordinariamente lo stantuffo non ha tanta velocità aspirando quanta ne ha l'acqua per salire nel corpo di tromba, che deve esser pieno al momento che lo stantuffo è pervenuto alla maggiore elevazione; e acciò questo succeda deve esistere una certa proporzione fra la superficie del suo cerchio, quella del tubo d' aspirazione, la velocità dell' acqua nell' ascendere e quella dello stantuffo. Per giudicarne a dovere, faremo astrazione per un momento dalle trombe onde stabilire primieramente alcuni principj preliminari che faciliteranno l' intelligenza di ciò che ho in animo d' indicare.

Se si ha un sifone C B F G di grossezza uniforme munito di un robinetto T, Tavola 3, figure 3 e 10, in guisa che il primo braccio A E sia mantenuto costantemente pieno d' acqua, malgrado la dispensa che se ne potrà fare; è indubitato che se tutto il restante del sifone si trova vuoto e si apra istantaneamente il robinetto, l' acqua scorrerà primieramente nella comunicazione V X, con una velocità uniforme eguale a quella che può acquistare cadendo dall' altezza A B, ma che in seguito andrà diminuendo sempre più a misura che si empierà il secondo braccio.

Per far vedere in qual ordine diminuirà la velocità dell' acqua in tutti punti Q dell'altezza G S, in cui la superficie Q R si troverà salendo, bisògna descrivere su la linea A B, C D, come asse, e con uno stesso parametro, due parabole eguali C P H e B K I, situate in senso opposto; allora se si compie il rettangolo A M, e si conducono quante paralelle si vorranno all' orizzontale I G, prendendo l' ordinata A I o la sua eguale D H per esprimere la velocità intera ed uniforme dell'acqua al piede della caduta C D, è sempre vero che l' ordinata O P esprimerà del pari la velocità della caduta C O, mentre l' ordinata N K esprimerà la velocità della caduta N B o Q S: ora proverò che la velocità che avrà la superficie Q R dell' acqua nel secondo braccio, quando sarà giunta al punto Q, non deve essere espressa dall' ordinata O P che ad essa corrisponde come si è creduto finora, ma bensì dalla linea L K differenza della velocità L N od M B della caduta A B alla velocità N K.

907. Si è veduto nell' articolo 899 che l' altezza Q S ovvero N B della colonna S R, Tavola 3, figure 9 e 10, era eguale alla caduta capace della velocità rispettiva dell' acqua della caduta C D, cioè all' eccesso della velocità intera di questa caduta a quella della superficie dell' acqua nel punto Q. Ora siccome questa velocità relativa è espressa dall' ordinata N K, la sua differenza L K con la velocità totale M B od L N esprimerà dunque la velocità ritardata dell' acqua nella comunicazione D X che è la stessa di quella della superficie Q R al punto Q.

Siccome sarà lo stesso per tutte le velocità ritardate che avrà l' acqua riempiendo il braccio G F, ne segue che la somma di tutte queste velocità sarà espressa da quella degli elementi del complemento parabolico M I K B, invece che si usa di valutare questa somma con quella degli elementi della

parabola D C P K ad A B H I, perocchè si esprime ordinariamente la velocità dell'acqua al punto Q con la radice del peso C O, invece che lo deve essere dalla differenza delle radici delle altezze C D e Q S, come avrò occasione di far vedere più particolarmente in altro luogo. Sono anche stato lungo tempo in errore su questo punto e vi sarei forsa ancora se non mi fossi disingannato facendo il calcolo di una macchina da me immaginata e che trovasi al principio del Quarto Libro.

Il complemento parabolico M I K B non essendo che la metà della superficie A B K I della parabola, vedesi che la somma di tutte le velocità ritardate dell'acqua riempiendo il secondo braccio, non è che la metà della somma delle velocità su cui si usa far calcolo, d'onde segue che al braccio F G per riempiersi occorre il doppio del tempo che si valuta d'ordinario.

Ne segue pure che giacchè il complemento M I K B non è che il terzo del rettangolo M B, occorre al braccio B F per empiersi il triplo del tempo che gli occorrerebbe se l'acqua salissa sempre con una velocità uniforme espressa da M B.

Consegue infine che la somma delle velocità dell'acqua salendo da Q in q, invece di essere espressa dalla somma degli elementi del quadrilatero misto P O o p deve esserlo da quelli del quadrilatero K L l k.

908 Facendo uso di un altro sifone simile al precedente il cui primo ramo sia costantemente mantenuto pieno d'acqua e il secondo soltanto fino all'altezza Q R, fig. 11, perocchè è ritenuta da uno stantuffo P sostenuto da una potenza T; dico che se questa potenza fa salire lo stantuffo da R in C, con una velocità sempre uniforme, avverrà uno dei due casi seguenti.

Benchè l'acqua non sia libera, essa tenderà sempre accompagnando lo stantuffo da R in C, a salire con tutte le diverse velocità di cui può essere suscettibile; ma se cammin facendo si trova ridotta ad una velocità minore di quella dello stantuffo, essa cesserà di seguirlo, e vi sarà uno spazio vuoto fra tutti e due, che crescerà sempre più a misura che la velocità dell'acqua diverrà inferiore a quella dello stantuffo; ed ecco il primo caso.

Se pel secondo caso la più picciola velocità dell'acqua si trova di molto superiore a quella dello stantuffo, non solo non esisterà spazio vuoto fra tutti e due, ma succederà al contrario che l'acqua potrebbe riempire nel tempo dell'innalzamento dello stantuffo uno spazio molto più grande di R Q bc.

909. Supponendo che le braccia del sifone sieno ciascuna di 31 piedi d'altezza, il peso dell'acqua del primo A D potrà esser preso per quello dell'atmosfera (886), e non considerando più che il solo tubo G L che tuffa nell'acqua fino al livello D M, succederà che se per qualunque siasi cagione questo tubo rimanga privo di aria, l'acqua vi salirà naturalmente da F in R fino all'incontro dello stantuffo (790) ed agirà a suo riguardo con le circostanze che appartengono all'uno ed all'altro dei due casi precedenti; perciò si può riguardare il tubo G L come una tromba aspirante ed uniforme, la cui altezza R G indicherebbe il gioco dello stantuffo.

Segue dal primo caso che quando in una tromba aspirante la velocità dell'acqua nel salire è minore di quella dello stantuffo, si forma uno spazio vuoto, il quale fa sì che la tromba non dà la quantità d'acqua

che dovrebbe, benchè l'aspirazione succeda ad un'altezza molto minore di 31 piedi, perocchè lo stantuffo discendendo prima che il corpo di tromba sia riempito si perde ad ogni innalzamento un volume d'acqua eguale al vuoto; che se quest'inconveniente può succedere nel caso stesso in cui il diametro del tubo d'aspirazione fosse eguale a quello del corpo di tromba, a più forte ragione succederebbe se si facesse questo tubo molto più stretto, perocchè l'acqua salendo con minore abbondanza, impiegherà più tempo ad empiere il corpo di tromba, abbandonerà più prontamente lo stantuffo, e per conseguenza lascierà un vuoto più grande fra essi.

910. Segue all'opposto nel secondo caso che quando la più picciola velocità dell'acqua considerata come uniforme sarà molto più grande di quella dello stantuffo, non vi sarà spazio vuoto, e si potrà fare il corpo di tromba più grosso dell'aspirante senza temere che l'acqua abbandoni mai lo stantuffo; *del che si sarà sicuri quando i quadrati dei diametri dello stantuffo e del tubo d'aspirazione, la più picciola velocità dell'acqua e quella dello stantuffo saranno reciprocamente proporzionali*; perocchè allora il volume interno del corpo di tromba sarà sempre minore di quello della colonna d'acqua che potrebbe entrarvi nel tempo dell'innalzamento dello stantuffo: ora io credo che non si possa dare ad uno stantuffo più di 4 piedi di velocità ogni secondo senza esporre le parti della macchina al pericolo di essere tosto spezzate; e di tutte quelle che sono venute a mia cognizione non ne ho veduta nessuna il cui moto abbia tanta attività.

Chiamando a l'altezza della colonna d'acqua equivalente al peso dell'atmosfera; b la più grande elevazione dello stantuffo sopra la superficie dell'acqua della sorgente, $\sqrt{a} - \sqrt{b}$ esprimerà la velocità minima dell'acqua che salirà nel corpo di tromba (899) e non $\sqrt{a-b}$; il che è ben diverso, perocchè si ha $a + b - 2\sqrt{ab}$ per la caduta capace di tale velocità, invece di $a - b$, secondo il metodo ordinario; quindi *per avere questa caduta fa duopo cercare una media proporzionale fra l'altezza della colonna d'acqua equivalente al peso dell'atmosfera, e quello della massima elevazione dello stantuffo al disopra della sorgente, duplicare questa media, e sottrarla dalla somma dei due estremi.*

Per esempio, avendo $a = 31$ piedi (886) supporremo $b = 16$; quindi la media fra questi due numeri sarà presso a poco di 22 piedi e 3 pollici; che raddoppiato dà 44 piedi e 6 pollici che bisogna sottrarre da 47 somma degli stessi numeri: la differenza sarà 2 piedi e 6 pollici per la caduta, e invece secondo l'idea comune essa sarebbe di 15 piedi. Lascio pensare di qual conseguenza possa essere nella pratica la differenza che nasce da questo errore.

911. Per istabilire una formola generale che contenga tutto ciò che può appartenere al soggetto di cui parliamo, chiameremo V la velocità minima dell'acqua che sale nel corpo di tromba; v quella dello stantuffo; D, il diametro del corpo di tromba; e d quello del tubo d'aspirazione; allora si avrà (910) $V : v :: D^2 : d^2$, d'onde si deduce $V d^2 = v D^2$, equazione soltanto composta di quattro grandezze diverse, di cui è facile averne una mediante la conoscenza delle altre tre.

Per esempio se si avesse una tromba aspirante di 6 pollici di diametro, il cui stantuffo secondo la disposizione della macchina e la velocità del motore, dovesse fare venti corse al minuto, di 2 piedi

ognuna, impiegando altrettanto tempo a salire come a discendere, questo stantuffo farà 80 piedi di cammino in un minuto, e per conseguenza avrà 16 pollici di velocità ogni secondo.

Suppongo in secondo luogo che la massima corsa dello stantuffo al di sopra delle acque più basse sia di 18 piedi, e che si tratti di conoscere il diametro che bisognerà dare al tubo d'aspirazione acciò il corpo di tromba si riempia sempre nel tempo della corsa dello stantuffo; perciò bisogna cercare le velocità uniformi ogni secondo delle cadute di 31 (886 e 909) e di 18 piedi (176) che si troverà di 43 e di 32 piedi e 9 pollici; la cui differenza dà 10 piedi e 3 pollici per la più picciola velocità dell'acqua.

Si ha dunque D = 6 pollici, v = piedi, 1 1/3 e V = 10 piedi, trascurando la frazione, i quali valori sostituiti in $\frac{\sqrt{v D^2}}{V} = d$, danno 2 pollici, 2 linee e 3 punti pel diametro cercato; ma conviene farlo di 2 pollici e 6 linee almeno per aver riguardo agli attriti.

Quando si conoscerà la velocità dello stantuffo, il diametro del corpo di tromba e quello del tubo ascendente, si avrà $\frac{v D^2}{d^2} = V$ per la velocità minima dell'acqua, *che si troverà moltiplicando il quadrato del diametro dello stantuffo per la velocità dello stantuffo stesso, e dividendone il prodotto pel quadrato del diametro del tubo d'aspirazione.* Bisognerà sottrarre questa velocità da quella che è relativa alla colonna d'acqua equivalente al peso dell'atmosfera; la differenza darà la velocità rispettiva da cui non si avrà che a cercare la caduta che determinerà la maggiore corsa dello stantuffo sopra le acque più basse della sorgente, se il suo livello è soggetto a variare, e per conseguenza la situazione della tromba.

Supponendo che si abbia trovato 10 piedi e 3 pollici per la minore velocità dell'acqua, bisognerà sottrarla da 43 piedi; la differenza darà 32 piedi e 9 pollici per la velocità rispettiva; quindi cercando la caduta capace di tale velocità (177) si troveranno 18 piedi per la massima elevazione dello stantuffo.

Del pari quando si conoscerà il diametro del corpo di tromba, quello del tubo d'aspirazione e la massima corsa dello stantuffo, per conseguenza la più piccola velocità dell'acqua, si potrà determinare la velocità che deve avere lo stantuffo acciò il corpo di tromba si riempia, poichè allora si ha $\frac{V d^2}{D^2} = v$: ciò dimostra *che bisogna moltiplicare la più picciola velocità dell' acqua pel quadrato del diametro del tubo d'aspirazione, e dividere il prodotto pel quadrato del diametro dello stantuffo.*

Finalmente quando si conoscerà la velocità dello stantuffo, il diametro del tubo d'aspirazione, la massima corsa dello stantuffo, o la minima velocità dell' acqua, si determinerà anche il diametro del tubo d'aspirazione poichè si ha $\sqrt{\frac{V d^2}{v}} = D$, *che pure dimostra doversi moltiplicare il quadrato del diametro del tubo d'aspirazione per la più picciola velocità dell' acqua, dividere il prodotto per la velocità dello stantuffo ed estrarre la radice quadrata del quoziente.*

Quando le trombe sono aspiranti e prementi e situate sopra un fiume

non è necessario che gli stantuffi aspiranti sieno innalzati quanto possono esserlo sopra il livello delle massime magre, poichè basta stabilire i corpi di tromba ad un'altezza conveniente al di sopra delle più grandi purchè la macchina non sia punto sommersa, perocchè i corpi di tromba ed i tubi d'aspirazione non potendo mai essere combinati insieme, in modo che col tempo non si formino dei fori impercettibili per cui s'insinui l'aria esterna, conviene in pratica dare all'aspirazione sempre un'altezza minore di quella che si sarà trovato col calcolo.

912. È essenziale osservare che in tutto quanto abbiam detto su le trombe aspiranti, si è supposto che l'aria ne fosse stata evacuata interamente prima anche che lo stantuffo avesse cominciato ad agire, onde non aver riguardo che alla diminuzione della velocità dell'acqua nel salire, cagionata dall'aumento del proprio peso; ma siccome questa supposizione non può aver luogo quando l'acqua non sale che per gradi nel tubo d'aspirazione, a misura che lo stantuffo ne evacua l'aria, la quale non cessa di ritardare la velocità che l'acqua avrebbe naturalmente se non incontrasse quest'ostacolo (868), ci rimane a considerare la modificazione che l'azione dell'atmosfera può ricevere per parte del peso dell'acqua che s'innalza e di quella dell'elasticità dell'aria che gli resiste nella tromba, onde dedurre da questa ricerca l'altezza che bisogna dare al tubo d'aspirazione relativamente alla situazione della valvola inferiore all'azione dello stantuffo ed al peso dell'atmosfera; ma per render semplici quant'è possibile i calcoli relativi a questo soggetto non vi faremo entrare la velocità dello stantuffo nè quella dell'acqua nel salire, onde non considerare le cose che nello stato d'equilibrio (869), cioè nello stato in cui si trovano quando ad ogni corsa lo stantuffo essendo giunto alla sua maggiore elevazione, l'acqua cessa di salire; il che conviene tanto più in quanto che il nostro principale oggetto si è quello di determinare in quali occasioni l'acqua può fermarsi salendo in una tromba aspirante.

913. La situazione della valvola inferiore rapporto all'azione dello stantuffo, può far nascere tre casi diversi; il primo allorchè questa valvola essendo posta nel fondo del corpo di tromba lo stantuffo si avvicina immediatamente, non lasciando che un picciolissimo vuoto fra loro, come nella figura 6, in cui si suppone che la valvola S essendo chiusa, la base O P dello stantuffo può toccare ogniqualvolta discenderà il foro Q R; il secondo quando la valvola inferiore è posta in fondo del tubo d'aspirazione, cioè così distante come lo può essere dallo stantuffo come nella figura 5, in cui la valvola P tuffa nell'acqua anche quando si vuol innalzare, e quando lo stantuffo si abbassa sostiene il peso di quella che si è innalzata; finalmente il terzo, quando questa valvola essendo posta nel fondo del corpo di tromba, lo stantuffo non vi si può appressare che ad una certa distanza, per ragioni che non permettono di fare altrimenti.

914. Si deve osservare che nel primo caso si può far salire l'acqua in una tromba aspirante ad un'altezza che si avvicinerà di più che nelle due altre a 31 piedi, perocchè l'aria del tubo d'aspirazione, essendo totalmente cacciata, l'acqua non mancherà di seguire lo stantuffo al momento in cui sarà pervenuto all'altezza Y, perocchè essa troverà un vuoto nel corpo di tromba in cui non vi potrà essere che un'aria estremamente dilatata, la cui elasticità non avrà bastante forza per opporvisi; e quando lo stan-

tuffo discenderà immediatamente dopo, l'aria e l'acqua passando a traverso del foro T dello stantuffo non vi sarà nessun ostacolo negl'innalzamenti successivi che possa impedire all'acqua di salire fino ad una certa altezza che sarà sempre inferiore a quella di 31 piedi; perocchè, secondo gli articoli 901 e 902, bisognerà che quest'altezza sia economizzata relativamente alla minor velocità dell'acqua, a quella dello stantuffo, ai quadrati del diametro del corpo di tromba e del tubo d'aspirazione, che devono, come abbiam detto (910), essere sempre reciprocamente proporzionali, indipendentemente dalla soluzione dei problemi che furono proposti, come vedremo, da Parent su tale materia.

Siccome le trombe aspiranti più perfette sono quelle che innalzano l'acqua a maggiore altezza, vedesi che non si può dare ad esse tale vantaggio se non quando vi è il minor vuoto possibile fra la valvola e lo stantuffo; anzi sarebbe a procurarsi che non ve ne fosse affatto; ma non potendo evitare totalmente questo vuoto, perchè il foro da cui è penetrato lo stantuffo ne fà nascere indispensabilmente uno in cui l'aria che si vuole espellere si condensa ogni qualvolta lo stantuffo discende, bisogna specialmente star bene in guardia di non aumentarlo come succede alla più gran parte degli operai, che invece di disporre la banda di cuojo dello stantuffo nella direzione in cui è premuto al luogo M N della figura 6, la mettono in direzione opposta, come si vede nella figura 5, in cui lo stantuffo non discendendo fino al fondo del corpo di tromba, cagiona sovrabbondanza di vuoto molto mal a proposito.

915. Di tutti i luoghi in cui si può collocare una valvola, nessuno ve n'ha che sia più svantaggioso di quello del secondo caso; perocchè quand'anche la base dello stantuffo E toccasse il fondo del corpo di tromba, si troverà sempre molta difficoltà ad espellere l'aria dal tubo d'aspirazione, e non si farà mai salire l'acqua così alta come se la valvola fosse al fondo del corpo di tromba, come or ora vedrassi.

Quando nella figura 5, Tavola 3, si vuole espeller l'aria, ad ogni innalzamento quella del tubo d'aspirazione V X si dilata nel corpo di tromba; ed ogni qualvolta lo stantuffo discende, ne scaccia un volume eguale alla capacità della sua azione; quindi più è grande questa capacità rapporto al tubo d'aspirazione, più l'evacuazione è facile e pronta; e invece quando la valvola è collocata al basso, lo stantuffo discendendo non può evacuare se non un volume d'aria eguale al volume dell'acqua che passa pel tubo d'aspirazione; e siccome entra sempre minor quantità d'acqua in questo tubo a misura che vi è più elevata, escono per conseguenza dalla tromba dei volumi d'aria che vanno sempre decrescendo, fino all'istante in cui non ne esce affatto; allora a meno che l'altezza del tubo d'aspirazione sia mediocre, l'acqua non passa nel corpo di tromba e rimane ad una certa altezza G Y, senza che sia possibile di farla salire più in alto, benchè si continui a far agire lo stantuffo, perocchè secondo l'articolo 815, vi è un momento in cui il peso della colonna d'acqua Z G Y, unito alla forza d'elasticità che sarà rimasta all'aria che non si è potuta espellere, è in equilibrio con l'atmosfera e per far vedere la differenza che produce la posizione delle valvole, posta ogni altra cosa eguale, cercheremo a quale altezza si possa far salire l'acqua nella figura quinta. Perciò supporremo che si sia ridotta la grossezza del corpo di tromba a quella del tubo d'aspi-

razione affinchè questi due tubi avendo lo stesso diametro, si possa prendere la loro altezza in luogo della loro capacità: ciò posto, chiameremo a la colonna d'acqua equivalente al peso dell'atmosfera; b l'altezza I L del tubo d'aspirazione al di sopra della superficie dell'acqua Q R; e l'altezza ragguagliata della corsa dello stantuffo, ed x la più grande elevazione dell'acqua nella tromba.

916. Quando l'acqua sarà giunta all'altezza G Y, senza poter passar oltre, e lo stantuffo che supporremo pieno, sarà disceso fino al fondo del corpo di tromba, l'aria sarà ridotta nello spazio G I, che si può esprimere con $b - x$; e siccome quest'aria è allora nel suo stato naturale, sarà in equilibrio col peso dell'atmosfera: ma quando lo stantuffo sarà asceso al punto più elevato della sua corsa, quest'aria si dilaterà in uno spazio più ampio del precedente, quant'è la capacità del corpo di tromba, che abbiamo chiamata c, la quale sommata con $b - x$, si avrà $b + c - x$, per esprimere la dilatazione dell'aria che non sarà più in equilibrio, se non con ciò che manca all'altezza Y L per eguagliare una colonna d'acqua di 31 piedi, cioè con $a - x$; ma per l'articolo 815 si sa che il prodotto dello spazio occupato da un volume di aria per il peso di cui è aggravato, è sempre uguale al prodotto dello spazio in cui è condensato e dilatato per il peso che può sostener allora; quindi moltiplicando a; per $b - x$, ed $a - x$ per $b + c - x$; si avrà $ab + ac - ax - bx - cx + x^2 = ab - ax$; ovvero $x^2 - bx - cx + ac = 0$ dopo la riduzione, e facendo $b + c = d$, si avrà $x^2 - dx = - ac$; ed aggiugnendo da una parte e dall'altra il quadrato della metà del coefficiente del secondo termine, per avere un quadrato perfetto, diverrà $x^2 - dx + \frac{d^2}{4} = \frac{d^2}{4} - ac$, le cui radici sono $x - \frac{d}{2} = \sqrt{\left(\frac{d^2}{4} - ac\right)}$ e $\frac{d}{2} - x = \sqrt{\left(\frac{d^2}{4} - ac\right)}$; osservando che la seconda $\frac{d}{2} - x$ è quella che si deve prendere a preferenza della prima, poichè il quadrato x^2 proviene dalla moltiplicazione di $-x$ per $-x$, e per conseguenza il risultato dà $x = \frac{d}{2} - \sqrt{\frac{d^2}{4} - ac}$.

Supponendo di 28 piedi l'altezza I L del tubo d'aspirazione, e che l'altezza B X della corsa dello stantuffo sia di 2 piedi, la più alta elevazione V X della corsa dello stantuffo, al di sopra della superficie dell'acqua Q R sarà di 30 piedi; che è l'altezza a cui l'acqua potrebbe salire se la valvola inferiore fosse collocata al fondo del corpo di tromba, e che lo stantuffo discendendo potesse toccarla, come nella sesta figura; ma ciò non essendo, cerchiamo, secondo le sue dimensioni, fino a quale altezza potrà salire.

Supponendo il diametro del corpo di tromba doppio di quello del tubo d'aspirazione, l'altezza media del corpo di tromba sarà di 8 piedi; quindi si avrà $a = 31$, $b = 28$, $c = 8$, e $b + c = d = 36$; applicando i numeri precedenti all'equazione $x = \frac{d}{2} - \sqrt{\frac{d^2}{4} - ac}$, si troveranno 9 piedi, 3 pollici e 6 linee pel valore dell'incognita; cioè per l'altezza a cui salirà l'acqua nel tubo d'aspirazione senza che possa mai passar oltre; il che fa vedere che questa tromba è la più difettosa che si possa adoperare. E

sorprendente che Mariotte l'abbia data ad esempio (*Trattato sul moto delle acque*, pag. 151), volendo stabilire una regola per conoscere a quale altezza l'acqua può salire nelle trombe aspiranti; e non ne averei parlato, se facendo l'analisi della quarta figura non fossi obbligato a supporre la valvola inferiore posta nel fondo del tubo d'aspirazione.

917. Quando esiste uno spazio tra il fondo del corpo di tromba e lo stantuffo, come abbiamo supposto nel terzo caso, questo spazio che chiameremo *superfluo* può rendere inservibile la tromba, impedendo che l'acqua la quale vi si è innalzata ad una certa altezza O P nel tubo d'aspirazione (figura 4 Tavola 3) possa salire più in alto; il che può succedere quand'anche la sua maggiore altezza X B al di sopra della superficie dell'acqua V X, fosse al di sotto di 30 piedi, qualora l'altezza del tubo d'aspirazione, la corsa dello stantuffo, lo spazio superfluo, ed il peso dell'atmosfera non abbiano punto fra loro una certa proporzione.

Per giudicarne si consideri che vi sarà un istante in cui la colonna d'acqua del tubo d'aspirazione, e l'aria dilatata, quando lo stantuffo è innalzato fino alla sua più grande altezza A B, saranno in equilibrio col peso dell'atmosfera; e siccome l'aria rimasta nel tubo d'aspirazione sarà nello stesso caso di quella che si trova sparsa nel corpo di tromba, non ne passerà più nel primo che nel secondo: quando lo stantuffo discenderà, la valvola E si chiuderà per non aprirsi più, e l'aria dilatata nel corpo di tromba si lascierà comprimere per ridursi nello spazio superfluo C F G D, allo stesso grado di condensazione di quella esterna; quindi benchè si continui a far agire lo stantuffo, l'acqua non passerà il termine a cui è rimasta.

918. Parent, nel principio del terzo volume delle sue ricerche di fisica e di matematica propone otto problemi appartenenti al nostro terzo caso, e dice di averli dedotti da un picciolo trattato su le trombe che aveva in mente di far stampare; ma non l'ha fatto e s'ignora anche ciò che ne è stato, essendomi informato da chi ne poteva aver cognizione; sorprende che quest'opera che è stata terminata ed anche approvata dall'Accademia Reale delle scienze del 1700, non sia stata messa alla luce in uno spazio di 14 anni che Parent visse dappoi; non avendo quest'autore il costume di lasciar riposare lungo tempo i suoi scritti, lavorava rapidamente, e così faceva stampare; perciò le sue opere, quantunque ottime e quasi tutte originali, sono un poco trascurate: secondo l'idea che egli dà del suo trattato, doveva comprendere buone cose delle quali sembra che abbia voluto far un mistero proponendo questi otto problemi come una specie di sfida; dicendo alla pagina 62, *che non ha finto di trattarli di nuovo e di proporli da risolvere ai dotti d'Europa; almeno come degni della loro applicazione al pari di qualunque altro problema di arida geometria o di algebra pura che li abbia occupati finora.* Nondimeno non hanno destato l'emulazione di alcuno, non essendosene trovata in veruna parte la soluzione; ma i tre primi erano utilissimi e li darò negli stessi termini di Parent; farò poscia vedere le formole su le quali sono stabiliti i calcoli numerici ch'egli offre ad esempio, e dei quali soppresse l'analisi pensando che si penerebbe molto a trovarla. Io non so in che abbia voluto fondare la falsa gloria di non essere inteso da alcuno; ai semidotti soltanto spetta agire in tal modo per farsi ammirare dal volgo: il profondo sapere di Parent era a bastanza conosciuto per non ricorrere a finezze, sì poco degne di lui;

qualche volta il caso feca scoprire un metodo che uomini più abili cercherebbero invano senza che perciò perdano in nulla la loro superiorità.

PROBLEMI DI PARENT

Proposti agli scienziati, su le misure più perfette delle trombe e dei loro tubi d'aspirazione.

919. *Date le altezze della corsa dello stantuffo e del vuoto del corpo di tromba, trovare tante trombe perfette quante se ne vorrà.*

Sia per esempio la corsa media dello stantuffo 8 piedi di altezza, e il vuoto di 2; si moltiplichi 8 per 32, numero assoluto, si divida il prodotto 256 per 8 + 2, cioè per 10; il quoziente darà 25 3/5; e siccome questo 10 è minore di 25 3/5, ogni numero minore di 25 3/5, come 15 20, ecc., comporrà con le date altezze 8, e 2 una tromba perfetta.

Ma se il vuoto fosse di 12, sommando 8 con 12, e dividendo 256 per la loro somma 20, il quoziente darebbe 12 4/5, che essendo minore di 20 bisognerà estrarre la radice quadrata da 256; cioè 16, e raddoppiarla, e dal doppio 32, numero particolare, levar 20 per avere il residuo 12; allora qualunque numero minore di 12, come 4, 6, 10 ecc., potrà servire alla colonna d'aspirazione coi numeri dati 8 e 12; ma se non si può fare la sottrazione il problema sarà impossibile, e questa tromba sarà tanto più perfetta, quanto più sarà picciolo il numero scelto.

920. *Date le altezze della corsa dello stantuffo e dell'aspirazione, trovare tante trombe perfette quante se ne vorranno.*

Sia l'altezza della corsa dello stantuffo di 8 parti, quella della colonna d'aspirazione di 25 3/5; si sottragga quest'ultima da 32, numero assoluto, il residuo sarà 6 2/5, cui bisogna moltiplicare pel numero dato 8, il cui prodotto è 51 1/5, che si dividerà per 25 3/5, il che darà 2 al quoziente; siccome adunque questo 2 sommato coll'8 di poc'anzi cioè 10, è minore di 25 3/5, prendo 8 con 25 3/5 ed ogni altro numero minore di 2, come 1/3, 1/2 per le tre dimensioni della tromba proposta; e più questo numero sarà minore di 2, più la tromba sarà perfetta.

Ma se l'altezza della colonna d'aspirazione fosse di 12 4/5, la corsa dello stantuffo essendo sempre di 8, allora sottraendo 12 4/5 da 32, numero assoluto, il residuo è 19 1/5, che moltiplicato per 8 dato, il prodotto è 153 3/5, e questo prodotto essendo diviso pel numero dato 12 4/5, il quoziente sarà 12 che sommato con 8 numero dato ne risulta 20. Ora essendo 20 più grande di 12 4/5 si estragga la radice quadrata dal numero assoluto 32 per 8, numero dato, cioè da 256: il che dà 16, che raddoppiato per aver 32 numero particolare da qui sottraggo 8 + 12 4/5 dati, cioè 20 4/5; il residuo è 11 1/5; allora qualunque numero minore di 11 1/5 preso pel vuoto, come 4, 6, 10 ecc., comporrà con 12 4/5 e 8, numeri dati, una tromba così perfetta come si vorrà, e più questo numero sarà minore di 11 1/5 più la tromba sarà perfetta.

Avendo questa lunghezza del vuoto, non rimarrà che di ridurla su la grossezza del corpo di tromba per avere la lunghezza naturale del vuoto.

921. *Essendo date le altezze della colonna d'aspirazione del vuoto ridotto alla grossezza della colonna d'aspirazione, trovare quante trombe perfette si vorranno.*

Sia il vuoto ridotto alla grossezza della colonna d'aspirazione di due parti, e questa di 25 3/3, si moltiplichi l'una per l'altra ond'avere il prodotto 51 3/5; sottraendo poscia 25 3/5 da 32, numero assoluto, resteranno 6 2/5 pel quale residuo si dividerà 51 1/5, ed il quoziente sarà 8, a cui si aggiungerà il 2 dato; per avere la loro somma 10, la quale essendo minore di 25 3/5 dato, qualunque numero al di sopra di 8, essendo preso per corsa dello stantuffo, comporrà coi numeri dati 2 e 25 2/3 una tromba così perfetta come vorrassi; cioè più sarà grande questo numero al di sopra di 8, più la tromba sarà perfetta.

Ma se il vuoto è di 12 e la colonna d'aspirante di 12 4/5, moltiplicando questi numeri fra loro per avere il loro prodotto 153 3/5; e sottraendo 12 4/5 da 32, numero assoluto per avere il residuo 19 1/5, non resterebbe che da dividere 153 3/5 per 19 1/5 per avere il quoziente 8, il quale sommato con 12 dato, fa 20; e perchè 20 è maggiore di 12 4/5 dato, si sommino insieme 12 e 12 4/5 per avere 24 4/5, che bisogna sottrarre dal numero assoluto 32 per avere il residuo 7 1/5, cui bisogna raddoppiare ond' avere 14 2/5 da cui si estrarrà la radice quadrata che si moltiplicherà per 8 numero assoluto, il che darà circa 30 2/5; sommo poscia col residuo 7 1/5 ottenuto poc'anzi il numero assoluto 32, il che dà 39 1/5 alla cui somma aggiungo 30 2/5 per avere 69 3/5 e contemporaneamente levo 30 2/5 e il residuo è 8 4/5; prendo adunque fra 8 4/5 e 69 3/5 un numero a piacere per l'altezza della corsa dello stantuffo; come per esempio 30, il quale coi dati 12 e 12 4/5 comporrà una tromba perfetta, e tanto più perfetta quanto più grande sarà il numero preso.

Avendo l'altezza dello stantuffo, non rimarrà che di ridurla alla grossezza del corpo di tromba per avere l'altezza naturale.

I cinque altri problemi non comprendendo nulla che non sia nei precedenti, li tralascio; ma perchè non si creda che sieno di qualche conseguenza eccone l'enunciato.

922. *Date le altezze della corsa dello stantuffo e la somma delle altezze della colonna d'aspirazione e del vuoto, ridotto il tutto alla grossezza della colonna d'aspirazione trovar tante trombe perfette quante se ne vorrà.*

923. *Data l'altezza della colonna d'aspirazione e la somma delle altezze della corsa dello stantuffo e del vuoto, ridotte alla grossezza della colonna d'aspirazione; trovar tante ecc.*

924. *Data l'altezza del vuoto e la somma delle altezze della colonna d'aspirazione della corsa dello stantuffo, in una tromba uniforme rovesciata, trovar tante ecc.*

925. *Data l'altezza della colonna d'aspirazione con la somma del vuoto e della metà della corsa dello stantuffo trovar tante ecc.*

926. *Nelle trombe uniformi rovesciate essendo data la somma della corsa dello stantuffo e del vuoto totale e della metà della corsa dello stantuffo e della colonna d'aspirazione intera, trovar tante ecc.*

Vedesi che operando in tal modo quest'autore invece di 8 problemi ne avrebbe potuto proporre quanti avesse voluto, ma che non sarebbero stati mai se non una combinazione dei tre primi.

927. Si è dovuto osservare nei tre primi problemi che Parent distingueva due casi; il primo quando il tubo d'aspirazione era più grande della somma del vuoto e della corsa dello stantuffo; il secondo quando al contrario la

somma del vuoto e della corsa dello stantuffo sorpassava il tubo d'aspirazione. Si fatica a tutta prima a concepire la ragione di tale differenza, e perchè le operazioni del secondo caso sieno più composte di quelle del primo; questo è il nodo della teoria del suo calcolo; ma prima di spiegarlo, giova cominciare dal rendere ragione delle operazioni ch' ci fa nel primo caso.

928. Quando si ha una tromba simile a quella di cui parliamo e si faccia agire per innalzar l'acqua nel tubo d'aspirazione, è indubitato che ogniqualvolta lo stantuffo è disceso, l'aria naturale contenuta nello spazio superfluo C F G D, figura 4, è in istato di sostenere una colonna d'acqua di 31 piedi d'altezza; e che quando lo stantuffo è innalzato in A B, la stessa aria essendosi dilatata diminuisce la forza della sua elasticità nella ragione inversa dell'aumento del suo volume; per conseguenza se l'acqua non può passare al disopra dell'altezza O P, si potrà dire che l'aria così dilatata non è più in equilibrio, se non con ciò che manca alla colonna V P per egoagliare 31 piedi; poichè quest'aria à allora nello stesso stato di quella che è rimasta nello spazio O R; d'onde si deduce quest'analogia: come lo spazio superfluo C F G D sta alla capacità composta della corsa dello stantuffo e dello spazio superfluo; così l'altezza che manca alla colonna V P per arrivare a 31 piedi, sta a 31 piedi; supponendo adunque $a = 31$, $b =$ B G, $c =$ D G, ed $x =$ O V, si avrà $b + c =$ B D, e si potrà prendere c, e $b + c$ per esprimere il rapporto del volume dell'aria naturale dello spazio superfluo al volume della stessa aria dilatata nella tromba; quindi si avrà $c : b + c :: a - x : a$, ed invertendo, $b + c : c :: a : a - x$; e dividendo $b + c : b :: a : x$; d'onde segue che la somma della corsa dello stantuffo e del vuoto sta alla corsa dello stantuffo come il peso dell'atmosfera sta all'altezza del tubo d'aspirazione al di sopra della superficie dell'acqua che si vuole innalzare, il che dà $\frac{ab}{b+c} = x$, formola che corrisponde al primo caso del primo problema, in cui si dice che per avere l'altezza del tubo d'aspirazione bisogna moltiplicare l'altezza del vuoto per il peso dell'atmosfera, che Parent ha supposto equivalente ad una colonna d'acqua di 32 piedi, e dividere il prodotto per la somma del vuoto e della corsa dello stantuffo.

Se l'altezza del tubo d'aspirazione uguaglia al quoziente della divisione precedente, l'acqua salirà senza dubbio fino sotto la valvola E, e non passerà mai nel corpo di tromba benchè si continui a far agire lo stantuffo, a meno che non si diminuisca l'altezza del tubo d'aspirazione per aumentare la colonna d'acqua equivalente all'elasticità dell'aria dilatata nel corpo di tromba; innalzando lo stantuffo immediatamente dopo, rimarrà forza bastante all'aria esterna per costringere l'acqua ad aprire la valvola onde passare in seguito nel corpo di tromba e sormontare fino ad un certo punto la resistenza dell'aria che vi si troverà per mettersi per esempio al livello M N al momento che avrà toccato l'equilibrio; poscia discendendo lo stantuffo, la valvola E si chiuderà, l'acqua che è entrata nel corpo di tromba vi si troverà chiusa, lo stantuffo comprimerà l'aria più fortemente di prima, cioè più dell'esterna, perchè non troverà per ridursi se non lo spazio M F G N, invece di C F G D; così aprirà la valvola L, per isfuggire e mettersi in equilibrio con l'aria esterna (812): quando lo stantuffo tornerà a salire, l'aria che sarà rimasta si

dilaterà di nuovo, e la forza della sua elasticità trovandosi al di sotto della pressione della parte del peso dell'atmosfera che agirà in questo momento, il livello MN dell'acqua s'innalzerà ancora di qualche pollice, e continuando a far agire lo stantuffo alla fine lo seguirà immediatamente.

Questo è quello che ha fatto dire a Parent che quanto più il tubo d'aspirazione sarà al di sotto della sua naturale altezza più sarà perfetta la tromba (911); frattanto siccome è inutile il diminuirlo più che non fa duopo, esaminiamo fin dove deve giugnere tale diminuzione affinchè l'acqua essendo giunta alla valvola E possa salire al primo colpo di stantuffo ad una determinata altezza MN nel corpo di tromba.

929. Il foro dello stantuffo dovendo far parte dello spazio superfluo, poichè ne aumenta il volume, supporremo che il suo diametro HI sia di 3 pollici al pari di quello del tubo d'aspirazione; che l'altezza IK sia di 4, il diametro del corpo di tromba di 9, l'altezza GD del vuoto di 8, e 24 quella della corsia dello stantuffo. Ciò posto riducendo la grossezza del corpo di tromba a quella del tubo d'aspirazione, si troveranno 18 piedi per la corsia dello stantuffo, e 6 pel vuoto; a cui aggiugnendo 4 pollici per l'altezza del foro K avremo $a = 31$, $b = 18$, e $c = 6\ 1/3$; e secondo la formola $\frac{ab}{b+c} = x$, si troverà che l'altezza naturale del tubo d'aspirazione deve essere di 22 piedi ed 11 pollici.

Volendo ora che l'acqua salga all'altezza MN di 4 pollici al primo colpo di stantuffo, immediatamente dopo che avrà toccato la valvola E, considero che il tubo d'aspirazione essendo supposto di 22 piedi pol. 11, rimangono 8 piedi pol. 11, per la colonna d'acqua che è in equilibrio con l'aria dello spazio superfluo dopo essersi dilatata nel corpo di tromba, e che quest'aria trovandosi rinserrata nello spazio MABN, avrà maggior forza di elasticità che non aveva essendo sparsa nello spazio CABD, nella ragione inversa della diminuzione del suo volume, (812 e 813) cioè come 21 1/3 sta a 24 1/3, perocchè lo spazio CMND essendo ridotto alla grossezza del tubo d'aspirazione, dà tre piedi invece di 4 pollici per l'altezza NB, che si dovette sottrarre da 24 piedi 1/3; quindi moltiplicando 24 piedi 1/3 per 8 pollici 11, e dividendo il prodotto per 21 1/3, si troveranno presso a poco 10 piedi per l'altezza della colonna d'acqua equivalente alla parte del peso dell'atmosfera che deve far salire l'acqua ad una data altezza, la quale essendo sottratta da 31 piedi, rimangono 21 piedi e 3 pollici per l'altezza del tubo d'aspirazione; allora saremo certi che continuando a far agire la tromba, l'acqua seguirà lo stantuffo come si è spiegato nell'articolo 790.

930. Tornò ad esaminare i problemi di Parent; nel secondo è data la corsa dello stantuffo e l'altezza del tubo d'aspirazione, si domanda quella del vuoto; perciò facendo uso della formola $\frac{ab}{b+c} = x$, chiamerò p l'altezza del tubo d'aspirazione ed y quella del vuoto; quindi sostituendo p ad x, ed y a c, si avrà $\frac{ab}{b+y} = p$, ovvero $\frac{ab - pb}{p} = y$, che indica lo stesso calcolo di quello del problema, poichè bisogna sottrarre il tubo d'aspirazione p da a peso dell'atmosfera, moltiplicare la differenza per la corsa dello stantuffo e dividere il prodotto per il tubo d'aspirazione onde avere un quoziente che esprima l'altezza del vuoto.

931. Nel terzo problema si ricerca la corsia dello stantuffo, conoscendo quella del tubo d'aspirazione e del vuoto; mettendo nella formola y invece di b si avrà $\frac{ay}{y+c} = p$, che dà $\frac{pc}{a-p} = y$; cioè che bisogna moltiplicare l'altezza del tubo d'aspirazione pel vuoto, e dividere il prodotto per la differenza tra 31, e l'altezza del tubo d'aspirazione.

Riguardo al secondo caso sembra a primo aspetto contenere una contraddizione, poichè è naturale pensare che meno sarà alto il tubo d'aspirazione rapporto alla somma della corsa dello stantuffo e del vuoto, più sarà perfetta la tromba; nondimeno bisognerà osservare che dopo aver trovata l'altezza del tubo d'aspirazione ed avendola diminuita acciò l'acqua possa passare nel corpo di tromba, potrebbe anche succedere che si arrestasse tra via senza mai giugnere allo stantuffo quantunque si continui a farlo agire; perocchè se lo spazio vuoto eccede la corsa dello stantuffo, l'aria rinchiusa nella tromba non dilatandosi che mediocremente, gli rimarrà bastante elasticità per fermar l'acqua tra via; e questo inconveniente sarà tanto più da temere quanto più piccola sarà la corsa dello stantuffo rapporto allo spazio vuoto; ma quando succede il contrario importa poco che la somma della corsa dello stantuffo e del vuoto superi l'altezza dell'aspirante.

932. Quando l'acqua è giunta nel corpo di tromba ad una certa altezza M N, Tavola 3, figura 4, e si continua a far agire lo stantuffo per farla salire più alto, la valvola E nel luogo dov'è collocata non ha maggior vantaggio di quello che se fosse posta al fondo del tubo d'aspirazione, come nella figura 5, perocchè l'aria naturale rinchiusa nello spazio M F G N si appoggia immediatamente su l'acqua, ed allora la tromba cade precisamente nel caso di tutto ciò che abbiam detto riguardo alla tromba della figura 5; perciò si può supporre che la valvola E sia collocata all'estremità S T del tubo d'aspirazione.

933. Se si riduce il diametro del corpo di tromba a quello del tubo d'aspirazione, non vi sarà più distinzione da fare fra questo tubo ed il vuoto del corpo di tromba, poichè si fa astrazione dalla valvola che li separava; perciò bisogna considerare il vuoto come facente parte del tubo d'aspirazione, e supporre indeterminata la loro somma; quindi la chiameremo z per risolvere il secondo caso del primo problema da cui dipende quella dei seguenti: d'altronde chiameremo c ancora la corsa dello stantuffo ed x l'altezza a cui l'acqua potrà elevarsi per aspirazione; ora secondo ciò che è stato detto all'art. 916, si avrà questa proporzione $a-x : a :: z-x : z+c-x$, che dà $x^2 - zx - cx + ac = 0$, dopo la riduzione, ovvero $x^2 - zx - cx = -ac$; ed aggiugnendo da una parte e dall'altra il quadrato della metà del coefficiente $z+c$, si avrà $x^2 - zx - cx + \left(\frac{z+c}{2}\right)^2 = \left(\frac{z+c}{2}\right)^2 - ac$, ovvero $x = \frac{z+c}{2} - \sqrt{\left\{\left(\frac{z+c}{2}\right)^2 - ac\right\}}$.

Per conoscere l'altezza del tubo d'aspirazione e fin dove l'acqua potrà arrivare, si osservi che secondo la natura dell'equazione precedente, se $\left(\frac{z+c}{2}\right)^2$ supera ac, la differenza essendo positiva bisognerà dopo averne estratta la radice sottrarla da $\frac{z+c}{2}$, perocchè il segno radicale è preceduto da $-$;

ed al contrario se ac è maggiore di $\left(\frac{z+c}{2}\right)^2$, la differenza essendo negativa bisognerà sommare la sua radice con $\frac{z+c}{2}$; ma di questi due casi il primo soltanto è possibile, perocchè nel secondo la differenza non può dare che una radice immaginaria; non si considererà adunque se non ciò che deve succedere nel primo.

Si osservi che x cresce in un verso mentre $z+c$ aumenta, e che in un altro può succedere il contrario; perocchè quanto più $\left(\frac{z+c}{2}\right)^2$ sarà maggiore di ac, più sarà grande la radice quadrata della differenza; e siccome bisogna sottrarre questa radice da $\frac{z+c}{2}$, ciò non si può fare senza diminuire la quantità x; è vero che $\frac{z+c}{2}$ aumenterà a misura che crescerà la differenza dei due termini che sono sotto il segno; ma siccome le radici delle picciole quantità sono più grandi in proporzione, di quelle delle altre quantità maggiori, ne segue che x perderà più per la sottrazione da farsi che non guadagnerà per l'aumento di $\frac{z+c}{2}$, e che perderà tanto più quanto $\left(\frac{z+c}{2}\right)^2$ sorpasserà ac; d'altronde se $\left(\frac{z+c}{2}\right)^2$ diminuendo diviene minore di ac, la quantità x diverrà immaginaria; ma vi è un mezzo, ed è che evitando il secondo caso, la differenza dei due termini sotto il segno sia la più picciola possibile; e ciò avviene quando questi due termini sono eguali, perocchè distruggendosi, il segno radicale svanisce, e si presenta un terzo caso che contiene ciò che si cerca, e da cui si deducono le osservazioni seguenti.

934. Quando $\left(\frac{z+c}{2}\right)^2$ è eguale ad ac, succede che estraendo la radice quadrata dei due membri di questa equazione si ha $\frac{z+c}{2}=\sqrt{ac}$, la quale fa vedere che la metà della somma delle altezze della corsa dello stantuffo e del tubo d'aspirazione, o se si vuole la metà della somma delle altezze della corsa dello stantuffo, del vuoto e della canna aspirante, è media proporzionale fra la corsa dello stantuffo e l'altezza della colonna d'acqua equivalente al peso dell'atmosfera, ovvero che la somma delle altezze della corsa dello stantuffo, del vuoto e della canna aspirante, è eguale al doppio della radice quadrata del prodotto della corsa dello stantuffo, pel peso dell'atmosfera, poichè facendo svanire la frazione si ha $z+c=2\sqrt{ac}$.

935. Si osserverà pure che quando svanisce il segno radicale, rimane $x=\frac{z+c}{2}$. Ciò fa vedere che l'acqua salirà nella tromba ad una altezza eguale alla metà della somma del tubo d'aspirazione, del vuoto e della corsa dello stantuffo; che per conseguenza se il tubo d'aspirazione è minore della metà di questa somma; cioè al disotto del valore della corsa dello stantuffo e del vuoto presi insieme, si è certi che l'acqua passerà nel corpo di tromba

e che diminuendo un poco l'altezza naturale del tubo d'aspirazione, giugnerà fino allo stantuffo.

936. Ecco due osservazioni su cui sono fondati i calcoli di Parent, le quali hanno per iscopo di far in guisa, che quando la corsa dello stantuffo unita all'altezza del vuoto sorpassa il tubo d'aspirazione la somma delle altezze medie delle tre parti di una tromba sia sempre eguale al doppio della radice del prodotto della corsa dello stantuffo pel peso dell'atmosfera; perocchè così avendo la somma di questi tre termini, e due in particolare, non vi è difficoltà a conoscer l'altro, come farò vedere applicando l'equazione $z + c = 2\sqrt{ac}$ ai problemi di cui si tratta (919). Per avere una formola che meglio si addica a questi problemi, supporremo che b esprima l'altezza del vuoto e p quella del tubo d'aspirazione, allora avremo $b + p = z$; per conseguenza $c + b + p = 2\sqrt{ac}$, che rinchiude le tre parti della tromba: aggiugnerò che se si fa sparire il segno radicale dall'equazione $x = \frac{z+c}{2} - \left\{\left(\frac{z+c}{2}\right)^2 - ac\right\}$ senz'avere riguardo a veruna supposizione, si avrà $xz - x^2 + cx - ac = 0$; che è un'equazione dell'iperbola riferita a' suoi assintoti, costruendo, la quale vi si troveranno le stesse conseguenze di quelle da me spiegate negli articoli 933, 934 e 935.

Nel secondo caso del primo problema, volendo conoscere l'altezza del tubo d'aspirazione, non vi è che da mettere nella formola precedente x in luogo di p, e si avrà $x = 2\sqrt{ac} - c - b$, che indica lo stesso calcolo di quello di Parent; (919) perocchè qui fa duopo moltiplicare il peso dell'atmosfera per la corsa dello stantuffo, estrarre la radice quadrata del prodotto, raddoppiare questa radice, e dal doppio sottrarre la somma delle altezze della corsa dello stantuffo e del vuoto; la differenza sarà ciò che si cerca.

937. Riguardo al secondo problema in cui si chiede l'altezza dello spazio vuoto, sostituendo nella formola x invece di b, diviene $x = 2\sqrt{ac} - c - p$, che corrisponde anch'essa al calcolo numerico del secondo caso del problema (920), che è di moltiplicare ancora il peso dell'atmosfera per la corsa dello stantuffo, estrarre la radice quadrata del prodotto, dal doppio di questa radice sottrarre la somma delle altezze della corsa dello stantuffo e del tubo d'aspirazione, per avere la differenza che darà ciò che si cerca.

938. Siccome il terzo problema ha per iscopo di cercare la corsa dello stantuffo, metteremo nella formola x in luogo di c per avere $x + b + p = 2\sqrt{ax}$, e supponendo $b + p = n$, si avrà, quadrando i due membri della formola $x^2 + 2nx + n^2 = 4ax$, ovvero $x^2 + 2nx - 4ax = -n^2$, e supponendo ancora $2n - 4a = -2d$, avremo $x^2 - 2dx = -n^2$, oppure $x^2 - 2dx + d^2 = d^2 - n^2$, o finalmente $x = d + \sqrt{d^2 - n^2}$, ed $x = d - \sqrt{d^2 - n^2}$, per le due radici di questa equazione: ora se si prendono gli stessi numeri di quelli del problema (921), si avrà $n = 24\ 4/5$, e $d = 39\ 1/5$, ovvero $n^2 = 615\frac{1}{25}$ e $dd = 1536\frac{16}{25}$, la cui differenza è 921 3/5 che ha per radice quadrata 30 2/5, la quale sottratta od aggiunta al valore di d, cioè a 39 1/5, si ottiene 8 4/5 o 69 3/5 pel valore delle due radici che sono gli stessi numeri trovati da Parent. Si osserverà che soltanto la prima 8 4/5 è vera, cioè che determina l'altezza naturale della corsa dello stantuffo, e che quest'autore dice assai male a proposito che bisogna prendere fra 8 4/5 e 69 3/5 un numero a piacere,

come 30, per la corsa dello stantuffo; è ben vero che non si farà male a dargliene un po' più di quello che indica la regola; ma non si è in arbitrio di aumentare la corsa di uno stantuffo quanto si vuole, poichè è assoggettato alle parti della macchina che gli danno il moto: d'altronde per essere persuasi che 8 4/5 corrisponda alla formola $c + b + p = 2\sqrt{ac}$, non si ha che a moltiplicare 8 4/5 per 32, estrarre la radice quadrata del prodotto e raddoppiarla, si avrà un numero eguale quanto può esserlo alla somma delle altezze delle tre parti della tromba.

939. Sembra che prima di parlare dei problemi precedenti avrei dovuto far vedere il perchè si possa prescindere dal far trombe che comprendano uno spazio vuoto di una determinata capacità; ma ho creduto che ciò non fosse necessario, poichè si è dovutu scorgere che questo spazio era indispensabile alle trombe aspiranti e prementi, come sono quelle delle figure 6, 7, 13, 15, 20, 25 nelle quali il tubo ascendente o quello d'aspirazione comunicando di fianco col corpo di tromba, impediscono che lu stantuffo possa discendere fino al fondo, altrimenti si cadrebbe nell'inconveniente che abbiamo rimarcato all'articolo 884; si noterà soltanto che per determinare questo spazio si debbono osservar tre cose: la prima che volendo per esempio unire un tubo verticale al corpo di tromba della quarta figura, fa duopo che il diametro GN del braccio GNZY, Tav. 3 fig. 4, sia eguale a quello del corpo di tromba (897); la seconda che questo braccio si avvicini più che sarà possibile al fondo del corpo di tromba (884); la terza far in guisa di non dargli che la minore estensione che si potrà perocchè la sua capacità da G N fino alla valvola che sostiene l'acqua nel tubo ascendente, fa parte del vuoto (915); perciò quando si vuol fare qualcuno dei calcoli precedenti si divide lo spazio C F G Y Z N D, o tutt'altro, pel quadrato del diametro del tubo d'aspirazione, ed il quoziente dà un numero che esprime l'altezza del vuotò; si agisce egualmente per aver quella della corsa dello stantuffo: il braccio di cui parliamo non essendo che abbozzato, si potrà in suo luogo considerare quello della figura settima.

940. Sovente accade che i tubi d'aspirazione non sono retti, potendo salire lungo un piano inclinato, essere a gomiti, ed anche serpeggianti per essere condotti nel luogo in cui debbono essere tuffati nell'acqua: ma in qualunque modo sieno disposti, la loro altezza non dev'essere considerata che per quella dello stantuffo al disopra delle acque più basse (360); e quando sarà ben proporzionata, l'acqua salirà del pari come se questi tubi fossero retti; la sola differenza si è che avendo maggior volume, s'impiegherà più tempo a cacciar l'aria.

941. Chi non conosce la meccanica dell'aria crede che per far salire l'acqua in una tromba aspirante basti introdurne quanto basta per riempire il tubo d'aspirazione e lo spazio vuoto, e in seguito non si abbia che da rimettere lo stantuffo e far agire la macchina senza aver riguardo a tutte le considerazioni di cui ho parlato; essi credono pure non essere possibile che s'innalzi mai senza una tal pratica, perchè avendone fatto l'esperimento l'acqua non è comparsa dopo un certo tempo, il che ha fatto conchiudere ch'essa non salirebbe mai; ma se avessero avuto un po' di pazienza avrebbero veduto l'opposto; convengo che quando la corsa dello stantuffo è mediocre e che è innalzato quanto può esserlo al disopra della sorgente, l'aria impiega molto tempo ad evadere, e forse occorreranno 500 o 600

colpi di stantuffo prima che l'acqua lo segua; pure alla fine ciò succede a meno che la tromba non sia stata fatta secondo le regole precedenti e che l'acqua non siasi fermata per via. Ma voglio che ogniqualvolta si sarà costretti ad asciugare la tromba per rinnovare i cuoi degli stantuffi, quello delle valvole o riparare qualche altro difetto, si riempia per una più pronta esecuzione, allorchè si vorrà farla agire; ciò non è sempre così facile come si potrebbe immaginare, mentre bisognerà chiudere il tubo d'aspirazione per l'estremità inferiore al disotto delle acque più basse della sorgente, altrimenti, a misura che se ne verserà andrà a perdersi: ora se questo tubo è immerso in un fiume soggetto a crescere, e la sua estremità si trova talvolta a 10 o 12 piedi sotto la superficie, come chiuderla ogni qualvolta si sarà costretti ad eseguire tale manovra? Tutto ciò non si farà che a grande stento a meno che non vi si metta una seconda valvola; ma si avrà sempre la difficoltà di mantenere innalzata quella del corpo di tromba, acciò l'acqua che si vuol versare possa discendere, e invece seguendo le regole si prevengono tutti questi inconvenienti.

942. Parent, nel libro da me citato (918), parla di una tromba ch'ei chiama perfetta nella quale dice che il vuoto è nullo, benchè sia aspirante e premente, come la figura 6 Tavola 3, che vidi eseguita presso un fonditore di Parigi; si suppone che lo stantuffo possa discendere fino alla valvola inferiore, che risalendo aspiri l'acqua da una parte e la prema dall'altra nel tubo ascendente L L, innestato col corpo di tromba per mezzo della comunicazione B G H C che serve pure ad allogare lo stantuffo; ma questa tromba ha tre inconvenienti. Il primo si è che non è possibile innalzar l'acqua ad una considerevole altezza per la lunghezza che si dovrebbe dare all'asta dello stantuffo che diverrebbe molto incomodo per sè stesso, e pel peso onde aggraverebbe la potenza, e d'altronde si è costretti ad innalzar l'acqua perpendicolarmente; il secondo che ogniqualvolta bisognerà riparare la valvola inferiore o rinnovare le animelle di cuojo che si trovano nella congiunzione del corpo di tromba e del tubo d'aspirazione, bisognerà smontare tutti i tubi ascendenti: finalmente il terzo si è che facendo il tubo L Z più stretto del corpo di tromba, la potenza non sarà meno aggravata che una colonna d'acqua che avrebbe per base il cerchio dello stantuffo e per altezza quella del serbatojo al di sopra della sorgente, secondo l'articolo 903, del pari che se il tubo fosse uniforme come E F K I ed anche qualche cosa di più, perocchè l'acqua sarà obbligata a salire più velocemente in questo tubo che non farebbe se non fosse punto strozzata; ma però si può evitare quest' ultimo inconveniente facendo il tubo più grosso. Sorpasso alla parola *nullo* di cui fa uso Parent parlando del vuoto da cui crede esente questa tromba benchè ciò non sia la più rigorosa, mentre non può annullare se non quello che è cagionato dal foro dello stantuffo.

943. La figura 7 rappresenta una tromba simile alla precedente, ma che non ne ha gl'inconvenienti; il tubo d'aspirazione V X è unito come al solito ad un corpo di tromba A B C D, in fondo al quale è una valvola T: questo corpo di tromba che è munito di labbra, ha la sua imboccatura chiusa da una lamina di ghisa M N; nel mezzo vi è un collare dello stesso metallo, a traverso di cui passa la verga Q R dello stantuffo S; questa verga striscia contro varie rotelle di cuojo O P coperte di un anello il tutto stretto col collare: con questo mezzo lo stantuffo agisce senza che l'acqua possa uscire

per l'imboccatura delle tromba, o se ve ne passa, è in sì picciola quantità che non merita di farvi attenzione.

Il braccio F A E G H, che corrisponde al tubo verticale I K, si trova in questo caso verso la sommità del corpo di tromba, invece di essere al basso onde evitare lo spazio vuoto: circa lo stantuffo, non ha esso nulla di comune con le due trombe precedenti; per giudicarne a dovere fa d' uopo vederne la descrizione negli articoli 955, 956, supponendo quindi che sieno stati letti eccone la maniera di agire.

Giunta per aspirazione l'acqua nel corpo di tromba, quando lo stantuffo discende, si aprono le due animelle da cui è coperto, e l'acqua passa a traverso finchè sia pervenuta alla valvola T: quando risale, le animelle si chiudono di nuovo, e l'acqua non avendo altro sbocco che pel foro A E è respinta nel tubo ascendente, come al solito, su la qual cosa devesi osservare che lo stantuffo è sempre fra due acque, mentre ogniqualvolta discende quella che si trova nel braccio G A e nella parte E B del corpo di tromba discende con esso: quindi l'aria non può mai introdursi collo stantuffo nel corpo di tromba il quale vantaggio è molto essenziale.

Su la grossezza che bisogna dare ai corpi di tromba ed ai condotti di rame e di piombo.

La grossezza che convien dare ai corpi di tromba ed ai condotti, è pure una ricerca importantissima, perchè quando non si abbia qualche regola sicura potrà succedere che si facciano troppo grossi e quindi caricati di una quantità di metallo superfluo, o troppo deboli, il che metterà la macchina in pericolo d'incagliarsi, com'è più volte avvenuto. Parent fu il primo ad esaminare geometricamente questo soggetto nelle Memorie dell'Accademia Reale delle scienze del 1707, ma io ho seguìto una strada un po' diversa dalla sua per rendermi più intelligibile.

944. Richiamando ciò che si è detto su la pressione dell'acqua (361), concepirassi facilmente che avendo un tubo A B, Tavola 3, fig. 13, situato verticalmente e pieno d'acqua potrebbe essere talmente aggravato da scoppiare inferiormente, che cioè vi si facesse una fenditora verticale F G alla superficie cilindrica; il che succederà pel disotto, perchè lo sforzo dell'acqua vi agiscè più potentemente che in qualunque altra parte; quindi fatta astrazione dal peso che sostiene la base, trattasi di sapere quale sia lo sforzo che spezza il tubo, quale ne sia la misura, e quale grossezza debba avere per resistervi.

945. Condotti i diametri A C ed F D, figura 13, che si tagliano ad angoli retti è evidente che l'acqua che corrisponderà ai due quadranti circolari A F ed F G, agirà in senso contrario secondo le direzioni I H ed. I K paralelle al diametro A C per separarle lacerando il tubo da F in G, e che potrà succedere lo stesso ai quadranti opposti A D e D C che tenderanno anch'essi a separarsi nel punto D, ed a tutti gli altri quadranti preal in qual parte vorrassi della circonferenza: ciò posto, riguarderemo questo cerchio espresso dalla figura 12, come la base del cilindro, la cui circonferenza farà le veci della superficie, facendo astrazione dalla propria altezza di cui presentemente si può far di meno.

Se la base del condotto fosse un dodecagono regolare, figura 12, invece di un cilindro si avrebbe un prisma i cui lati F S, S X, X C inscritti

nel quadrante F C potrebbero esser presi per tre faccie del prisma. Secondo questa supposizione l'acqua che poggerà contro la faccia F S agirà perpendicolarmente per allontanarla dal centro E con una forza che si potrà esprimere con la lunghezza F S di questa faccia. Se dal punto S si abbassa la perpendicolare S R sul semidiametro E F, la forza precedente sarà composta di altre due F R ed R S, secondo il principio generale della Meccanica (20); la prima F R premerà la faccia F S in direzione paralella al diametro A C; d' onde segue che l' azione perpendicolare sta allo sforzo ch'essa fa per separare la faccia F S dal punto F, come F S sta ad F R (310, 381).

Ciò che abbiam detto dell' azione dell' acqua contro la prima faccia F S converrà pure alle due altre S X ed X C; perocchè se si abbassano le perpendicolari S T ed X Y, la forza assoluta dell' acqua contro la seconda e la terza faccia, sarà divisa in due altre S T, T X per la seconda faccia, ed X Y, Y C per la terza; succederà allora che l' azione perpendicolare dell' acqua su le tre faccie starà allo sforzo che le spinge secondo la direzione paralella al diametro A C, come F S + S X + X C sta ad F R + S T + X Y ovvero F R + R V + V E = F E: la somma delle potenze espresse dalle linee R S, T X, Y C essendo pure eguale al raggio, vedesi che agendo secondo le direzioni paralelle al diametro F D si avrà ancora la stessa proporzione per lo sforzo che esercita l' acqua in questo senso.

Se si considera un cerchio come un poligono d' infiniti lati si potrà dire che *lo sforzo perpendicolare dell' acqua contro tutto il quadrante sta allo sforzo che lacera, come la somma di tutti i lati infinitamente piccioli, presi da* F *fino in* C (cioè lo stesso quarto di cerchio) *sta al raggio.* Siccome succederà altrettanto nel quadrante F A, lo sforzo che si farà da una parte e dall' altra per lacerare il tubo nel punto F sarà nello stesso caso come se due potenze P Q agissero in senso contrario per separare i due quadranti, secondo le direzioni paralelle al diametro A C.

946. Lo sforzo perpendicolare dell' acqua preso in totalità agendo su tutta la circonferenza del condotto, e quello che lacera sopra un punto soltanto che si può prendere indifferentemente in quella parte che si vorrà, ne segue che *lo sforzo perpendicolare dell' acqua che agisce su la superficie del tubo sta allo sforzo che tende a lacerarlo, come la circonferenza del tubo stesso sta al raggio, o come* 6 *ad* 1, supponendo la circonferenza il sestuplo del raggio.

947. Secondo questa teoria è facile esprimere geometricamente lo sforzo per cui l' acqua fende un tubo; ma per farne l' applicazione bisogna conoscere alcune sperienze: è noto che un tubo di piombo di 12 pollici di diametro e di 60 piedi d' altezza deve avere 6 linee di spessore per sostenere verticalmente senza fendersi lo sforzo dell' acqua; si sa pure che un tubo di rame anch' esso di 12 pollici di diametro e di 60 piedi d' altezza deve avere due linee di spessore per sostenere anch' esso lo sforzo dell' acqua ond' è riempito; d' onde segue che i tubi di rame hanno una forza tripla di quelli di piombo, posta d' altronde ogni altra cosa eguale, il che s' accorda bastantemente con le sperienze citate da Parent.

Ciò posto, chiamo h l' altezza del tubo dedotta dall' esperienza; r il raggio di esso; c la sua circonferenza ed n il suo spessore; si avrà hn per la superficie di rottura, ed hc per la superficie del tubo, che moltiplicata per la metà dell' altezza dell' acqua (374), darà $\frac{ch^2}{2}$, che esprime lo sforzo

perpendicolare dell' acqua contro la superficie del tubo; per conoscere quello che tende a lacerarlo, si farà questa proporzione $c : r :: \frac{ch^2}{2} : \frac{h^2 r}{2}$, cioè come la circonferenza sta al raggio, così lo sforzo perpendicolare sta a quello che agisce su la superficie di rottura hn (946).

Vedesi che i due termini hn ed $\frac{h^2 r}{2}$ divengono comuni a tutte le proporzioni che si vorranno fare per trovar la grossezza dei tubi di ogni grandezza, purchè si facciano dello stesso metallo di quello dell'esperienza: se per esempio si ha un tubo la cui altezza si chiami p, il suo raggio q e la sua circonferenza t, ed il suo spessore x, la superficie di rottura sarà px, e lo sforzo perpendicolare dell' acqua sarà $\frac{p^2 t}{2}$.

948. Per ottenere lo sforzo che tende a lacerare questo tubo si avrà $t : q :: \frac{p^2 t}{2} : \frac{p^2 q}{2}$, il coi quarto termine $\frac{p^2 q}{2}$, dà ciò che si chiede; si può dunque formare questa analogia; come la superficie di rottura hn del tubo d'esperienza, sta allo sforzo $\frac{h^2 r}{2}$ ch' essa sostiene, così la superficie di rottura px del tubo di cui si tratta sta allo sforzo $\frac{p^2 q}{2}$ ch' essa deve sostenere, d' onde si deduce questa equazione $\frac{h^2 rpx}{2} = \frac{p^2 qhn}{2}$, o dopo la sua riduzione, $x = \frac{pqn}{hr}$, che è una formola generale e semplicissima per trovare lo spessore di quel tubo che più vorrassi.

L' equazione precedente somministra tre conseguenze alle quali si può ridurre tutto ciò che si è veduto. La prima che *due tubi sosterranno egualmente lo sforzo dell' acqua che tende a lacerarli se le grossezze sono nella ragione composta del loro diametro e della loro altezza*, cioè se lo spessore del primo tubo sta a quello del secondo, come il prodotto del diametro del primo per la sua altezza sta al prodotto del diametro del secondo per la propria; perocchè $x = \frac{pqn}{hr}$, dà $2hr : 2pq :: n : x$; moltiplicando i due primi termini per 2 onde avere i diametri in luogo dei raggi.

La seconda *che i tubi aventi la stessa altezza debbono avere il loro spessore in ragione dei loro diametri;* perocchè prendendo h per altezza comune, si avrà $2hr : 2qh :: n : x$, ovvero $2r : 2q :: n : x$.

La terza *che i tubi di egual diametro e di altezze diverse debbono avere le loro grossezze nella ragione delle altezze*, poichè prendendo $2r$ per diametro comune, si avrà $2rh : 2rp :: n : x$, ovvero $h : p :: n : x$.

949. Per applicare la prima regola ad alcuni esempj cercheremo la grossezza che bisogna dare ad un tubo di piombo, che avesse 90 piedi di altezza e 10 pollici di diametro; perciò bisogna ricorrere al tubo di piombo dedotto dall' esperienza (947) che ha 60 piedi d'altezza, 12 pollici di diametro e 6 linee di spessore; e chiamando x lo spessore cercato si avranno 60 piedi $\times$ 12 pollici: 90 piedi $\times$ 10 pollici :: 6 linee: x linee; il cui quarto termine x è di 7 linee 1/2 per lo spessore cercato.

950. Se si avesse una tromba premente di 8 pollici di diametro in cui la

potenza motrice dello stantoffo equivalesse ad una colonna d'acqua di 200 piedi d'altezza, e si volessè conoscere lo spessore, che bisogna dare al corpo di tromba supposto di rame, bisogna ricorrere al tubo dello stesso metallo, dedotto dall'esperienza (947) che si sa avere 60 piedi di altezza, 12 pollici di diametro e 2 linee di spessore; chiamando y il termine cercato, si avranno 60 piedi $\times$ 12 pollici : 200 piedi $\times$ 8 pollici : : 2 linee : y, che dà linee 4 1/2 per lo spessorè che si cerca, perchè la colonna d'acqua che sostiene lo stantuffo possa salire senza ostacolo, altrimenti bisognerebbe aver riguardo allo sforzo che fa la potenza anzi che al peso dell'acqua (901).

951. Avendo un corpo di tromba del diametro di 10 pollici e di 5 linee di spessore e volendo sapere a quale altezza può spinger l'acqua, chiamo z quest'altezza; e servendomi del tubo di rame dell'esperienza, come nell'esempio precedente, stabilisco questa proporzione 60 piedi $\times$ 12 pollici: z $\times$ 10 pollici : : 2 linee : 5 linee; e si avrà 60 piedi $\times$ 12 pollici $\times$ 5 linee $= z \times$ 10 pollici $\times$ 2 linee; ovvero $\frac{3600}{20} = z$, che dà 180 piedi per l'altezza cercata, supponendo che la potenza che fa salir l'acqua sia eguale al peso della colonna.

952. Per facilitare agli operaj il mezzo di trovare la grossezza dei corpi di tromba, e quella dei condotti di piombo e di rame, unisco qui due tavole esattissime, la prima delle quali appartiene ai tubi di piombo in cui si trova lo spessore che si deve dare ad essi per tutte le altezze dai 10 fino ai 400 piedi: la seconda spetta ai condotti di rame aventi gli stessi diametri e le stesse altezze dei precedenti, osservando che pei corpi di tromba bisogna sopporre la loro altezza eguale alla colonna d'acqua equivalente alla potenza che fa agire lo stantuffo secondo gli articoli 899 e 900: per esempio, se questa colonna fosse di 180 piedi d'altezza e il diametro dello stantuffo fosse di 8 pollici si troverà nella seconda Tavola che lo spessore del corpo di tromba deve essere di quattro linee.

Giova sapere che in queste tavole si è supposta la linea divisa in sei ponti e non in 12, come d'ordinario si fa per evitare delle parti quasi insensibili delle quali si sarebbe potuto far uso in pratica.

Siccome calcolando queste due tavole si è supposto che la resistenza dei tubi fosse presso a poco in equilibrio con l'azione dell'acqua tendente a romperli, quando se ne farà uso converrà aumentare alquanto il numero indicato dalla Tavola; quindi nell'esempio precedente bisognerebbe dare al corpo di tromba 6 linee di spessore invece di 4. Questo aumento è tanto più necessario, in quanto che i corpi di tromba non si fanno mai di rame puro ma di stagno che è un metallo di resistenza minore. Lo stesso dicasi pei tubi di piombo.

Non parlo qui dei tubi di ferro che s'impiegano d'ordinario per condur l'acqua al serbatojo, proponendomi di farne menzione nel Libro Quarto al Capitolo della condotta delle acque.

TAVOLA contenente le grossezze dei tubi di piombo per diametri diversi, fino a 20 pollici, e fino a 400 piedi d' altezza.

Diametro dei tubi in pollici.

Piombo	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	Grossezze dei tubi in linee e punti.									
Altezze dei tubi di piombo espresse in piedi.										
10	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	1 0	1 1	1 2	1 3	1 4
20	0 2	0 4	1 0	1 2	1 4	2 0	2 2	2 4	3 0	3 2
30	0 3	1 0	1 3	2 0	2 3	3 0	3 3	4 0	4 3	5 0
40	0 4	1 2	2 0	2 4	3 2	4 0	4 4	5 2	6 0	6 4
50	0 5	1 4	2 3	3 2	4 1	5 0	5 5	6 4	7 3	8 2
60	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0
70	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	7 0	8 1	9 2	10 3	11 4
80	1 2	2 4	4 0	5 2	6 4	8 0	9 2	10 4	12 0	13 2
90	1 3	3 0	4 3	6 0	7 3	9 0	10 3	12 0	13 3	15 0
100	1 4	3 2	5 0	6 4	8 2	10 0	11 4	13 2	15 0	16 4
110	1 5	3 4	5 3	7 2	9 1	11 0	12 5	14 4	16 3	18 2
120	2 0	4 0	6 0	8 0	10 0	12 0	14 0	16 0	18 0	20 0
130	2 1	4 2	6 3	8 4	10 5	13 0	15 1	17 2	19 3	21 4
140	2 2	4 4	7 0	9 2	11 4	14 0	16 2	18 4	21 0	23 2
150	2 3	5 0	7 3	10 0	12 3	15 0	17 3	20 0	22 3	25 0
160	2 4	5 2	8 0	10 4	13 2	16 0	18 4	21 2	24 0	26 4
170	2 5	5 4	8 3	11 2	14 1	17 0	19 5	22 4	25 3	28 2
180	3 0	6 0	9 0	12 0	15 0	18 0	21 9	24 0	27 0	30 0
190	3 1	6 2	9 3	12 4	15 5	19 0	22 1	25 2	28 3	31 4
200	3 2	6 4	10 0	13 2	16 4	20 0	23 2	26 4	30 0	33 2

SEGUITO della tavola pe' tubi di piombo.

Diametro dei tubi in pollici.

Piombo		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
		Grossezze dei tubi in linee e punti.									
Altezze dei tubi di piombo espresse in piedi.	210	3 3	7 1	10 4	14 2	17 3	21 0	24 3	28 2	31 3	35 0
	220	3 4	7 3	11 0	15 0	18 2	22 0	25 3	29 4	33 0	36 3
	230	3 5	7 4	11 3	15 3	19 1	23 0	27 0	30 5	34 3	38 3
	240	4 0	8 0	12 0	16 0	20 0	24 0	28 1	32 0	36 0	40 0
	250	4 1	8 2	12 3	16 4	20 5	25 0	29 0	33 2	37 3	41 3
	260	4 2	8 4	13 0	17 2	21 4	26 0	30 3	34 4	39 0	43 0
	270	4 3	9 0	13 3	18 0	22 3	27 0	31 3	36 0	40 3	44 3
	280	4 4	9 2	14 0	18 4	23 2	28 0	32 3	37 3	42 0	46 0
	290	5 0	9 4	14 3	19 3	24 1	29 0	34 0	38 4	43 3	47 3
	300	5 1	10 0	15 0	20 0	25 0	30 0	35 1	40 0	45 0	49 3
	310	5 2	10 2	15 3	20 3	26 0	31 0	36 2	41 3	46 3	51 0
	320	5 3	10 4	16 0	21 2	27 0	32 0	37 3	42 4	48 0	52 3
	330	5 4	11 0	16 3	22 0	28 0	33 0	38 4	44 0	49 3	54 0
	340	5 5	11 2	17 0	22 5	29 0	34 0	39 5	45 4	51 0	55 3
	350	6 0	11 4	17 3	23 3	30 0	35 0	41 0	46 5	52 3	57 0
	360	6 1	12 0	18 0	24 2	30 5	36 0	42 0	48 0	54 0	59 3
	370	6 2	12 2	18 3	25 0	31 4	37 0	43 1	49 3	55 3	61 3
	380	6 3	12 4	19 0	25 4	32 3	38 0	44 3	50 4	57 0	63 0
	390	6 4	13 0	19 3	26 3	33 1	39 0	45 3	52 0	58 3	64 3
	400	6 5	13 2	20 0	27 0	34 0	40 0	46 3	53 3	60 0	66 0

TAVOLA SECONDA contenente la grossezza dei tubi di rame per diametri diversi fino a 20 pollici, e fino a 400 piedi di altezza.

Diametro dei tubi in pollici.

Rame		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
		Grossezze dei tubi in linee e punti.									
Altezze dei tubi di rame espresse in piedi.	10	0 1/3	0 0 2/3	0 1	0 1	0 2	0 2	0 2	0 3	0 3	0 3
	20	0 1	0 1	0 2	0 3	0 3	0 4	0 5	0 5	1 0	1 1
	30	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	1 0	1 1	1 2	1 3	1 4
	40	0 1	0 3	0 4	0 5	1 1	1 2	1 3	1 5	2 0	2 1
	50	0 2	0 3	0 5	1 1	1 2	1 4	2 0	2 1	2 3	2 5
	60	0 2	0 4	1 0	1 2	1 4	2 0	2 2	2 4	3 0	3 2
	70	0 2	0 5	1 1	1 3	2 0	2 2	2 4	3 1	3 3	3 5
	80	0 3	0 5	1 2	1 5	2 1	2 4	3 1	3 3	4 0	4 3
	90	0 3	1 0	1 3	2 0	2 3	3 0	3 3	4 0	4 3	5 0
	100	0 3	1 0	1 4	2 1	2 5	3 2	3 5	4 3	5 0	5 3
	110	0 4	1 1	1 5	2 3	3 0	3 4	4 2	4 5	5 3	6 1
	120	0 4	1 2	2 0	2 4	3 2	4 0	4 4	5 2	6 0	6 4
	130	0 4	1 3	2 1	2 5	3 4	4 2	5 0	5 5	6 3	7 1
	140	0 5	1 3	2 2	3 1	4 0	4 4	5 3	6 1	7 0	7 5
	150	0 5	1 4	2 3	3 2	4 1	5 0	5 5	6 4	7 3	8 2
	160	0 5	1 5	2 4	3 3	4 3	5 2	6 1	7 1	8 0	8 5
	170	1 0	1 5	2 5	3 5	4 4	5 4	6 4	7 3	8 3	9 3
	180	1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	6 0	7 0	8 0	9 0	10 0
	190	1 0	2 1	3 1	4 1	5 2	6 2	7 2	8 3	9 3	10 3
	200	1 1	2 1	3 2	4 3	5 3	6 4	7 5	8 5	10 0	11 1

SEGUITO della tavola pe' tubi di rame.

Diametro dei tubi in pollici.

Rame	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	Grossezze dei tubi in linee e punti.									
Altezze dei tubi di rame espresse in piedi.										
210	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	7 0	8 1	9 2	10 3	11 4
220	1 1	2 3	3 4	4 6	6 1	7 2	8 3	9 5	11 0	12 1
230	1 2	2 3	3 5	5 1	6 2	7 4	9 0	10 1	11 3	12 5
240	1 2	2 4	4 0	5 2	6 4	8 0	9 2	10 4	12 0	13 2
250	1 2	2 5	4 1	5 3	7 0	8 2	9 4	11 1	12 3	13 5
260	1 3	2 5	4 2	5 4	7 1	8 4	10 1	11 3	13 0	14 2
270	1 3	3 0	4 3	6 0	7 3	9 0	10 3	12 0	13 3	14 5
280	1 3	3 1	4 4	6 1	7 5	9 2	10 5	12 3	14 0	15 2
290	1 4	3 1	4 5	6 3	8 0	9 4	11 2	12 5	14 3	16 0
300	1 4	3 2	5 0	6 4	8 2	10 0	11 4	13 2	15 0	16 3
310	1 4	3 3	5 1	6 5	8 4	10 2	12 0	13 5	15 3	17 0
320	1 5	3 3	5 2	7 1	8 5	10 4	12 3	14 1	16 0	17 3
330	1 5	3 4	5 3	7 2	9 1	11 0	12 5	14 4	16 3	18 1
340	1 5	3 5	5 4	7 3	9 3	11 2	13 1	15 1	17 0	18 4
350	2 0	3 5	5 5	7 5	9 4	11 4	13 4	15 3	17 3	19 2
360	2 0	4 0	6 0	8 0	10 0	12 0	14 0	16 0	18 0	19 5
370	2 0	4 1	6 1	8 1	10 2	12 2	14 2	16 3	18 3	20 2
380	2 1	4 1	6 2	8 3	10 3	12 4	14 5	16 5	19 0	21 0
390	2 1	4 2	6 3	8 4	10 5	13 0	15 1	17 2	19 3	21 3
400	2 1	4 3	6 4	8 5	11 1	13 2	15 1	17 5	20 0	22 0

Degli stantuffi.

Gli stantuffi, di cui si fa uso comunemente, possono ridursi a due specie: stantuffi traforati e stantuffi pieni: gli uni e gli altri si fanno ordinariamente di legno; e siccome se ne è data la descrizione negli articoli 866, 870, non ne farò menzione presentemante se non par esaminarne i difetti, onde porvi rimedio con una costruzione più perfetta.

953. L'inconvenienta principale degli stantuffi di legno cha si debbono traforare proviene dal foro che indebolisce considerabilmente il bariletto, massime quando bisogna fare molto esteso questo foro, acciò l'acqua che vi deve passare, quando lo stantuffo discende, possa salire senza contrasto, altrimenti troverebbe una grande resistenza se avesse sei piedi di corsa e dovesse percorrere qnesto spazio nel tempo di due secondi, come nella macchina di Frêne vicina a Condé, non dovendo asservi nulla di forzato nelle macchine, altrimenti s'impiega senza saperlo una parte dell'azione del motore alla distruzione della macchina stessa (903). Per non incorrere in questo inconveniente, bisogna aver per massima che quando discende uno stantuffo traforato, il suo proprio peso deve bastare per costringere l'acqua che è nel fondo del corpo di tromba a passare naturalmente traverso al foro nel tempo che impiega a discendere: ora siccome questo tempo è determinato dalla velocità che deve aver la macchina relativamente a quella del motore, vedesi che ciò dipende dalla quantità d'acqua che aspira lo stantuffo ad ogni alzata e dalla grandezza del passo che deve attraversare.

Per dare maggior chiarezza al mio pensiero, supponiamo che si abbia un corpo di tromba A B, Tavola I, fig. 8, col diametro interno di 8 pollici, che la corsa dello stantuffo sia di 6 piedi, e che percorra questo spazio in due secondi; aspirerà ad ogni alzata 74 pinte d'acqua circa, cha debbono passare pel foro Z, nel tempo che impiegherà a discendere: si domanda qual sia il peso da cui dovrebbe essere aggravato onde premere l'acqua di modo che passi in due secondi a traverso il foro Z, sopposto di 3 pollici di diametro, che è il massimo che vi si possa dare, riguardo a quello del corpo di trombà per non indebolir troppo il bariletto; mentre vedesi bene che la quantità d'acqua che passerà a traverso dello stantuffo in un tempo determinato, deve dipendere dalla grandezza del foro, a dalla velocità che gli darà il peso da cui sarà aggravato (901); perciò questo problema si riduce a conoscere quale altezza d'acqua bisognerebbe dare ad un serbatojo con un foro di 3 pollici di diametro nel fondo, perchè ne escissero 74 pinte o lib. 148 in due secondi.

954. Se lo stantuffo colla sua armatura pesasse meno della colonna di cui si tratta, perchè non succedano sforzi, bisognerebbe ingrandire il foro Z per supplire alla velocità che mancherà all'acqua, non essendo premuta da un peso conveniente; perciò è necessario che le superficie dei due fori e le velocità dell'acqua che deve passarvi compongano quattro termini reciprocamente proporzionali; ma siccome i pesi di cui parliamo possono essere espressi da colonne d'acqua che hanno per base il cerchio dello stantuffo, e le radici quadrate delle altezze di tali colonne esprimono le velocità dell'acqua, così potrassi in loro vece prendere le radici quadrate dei pesi da cui sarebbe aggravato lo stantuffo senza aver riguardo alla natura di essi;

Le due regole precedenti potendo essere applicate alla costruzione degli stantuffi, onde traforarli relativamente al diametro del corpo di tromba, al peso dello stantuffo, alla sua corsa, ed alla sua velocità, son ben lieto che l'occasione le abbia fatte nascere per dimostrare che non v'è nulla d'indifferente allorchè trattasi di proporzionar bene le parti di una tromba: del resto si può conchiudere da tutto ciò, che gli stantuffi di legno non sono così comodi come si era immaginato, perchè in essi non si può praticare un foro di conveniente larghezza senza arrischiare d'indebolirli troppo e assoggettarli a continue riparazioni; perciò ne descriveremo un altro molto più solido.

955. Lo stantuffo di cui parlo è sviluppato nelle figure 14, 17, 18, 19, 20, 21 e 22, Tavola 4; la figura 14 rappresenta una scatola di bronzo simile presso a poco a quelle che si pongono nei mozzi delle ruote, e forma il corpo dello stantuffo che ha la figura di un cono tronco con un piccolo margine CC; la figura 18 ne fa vedere il profilo, la 19 il piano superiore in cui si osserverà che questa scatola è attraversata da una spranga DD, aventa una piaghetta E: su la superficie della scatola è applicata una benda di cuojo AA, figure 18, 20, abbracciata inferiormenta da un cerchio di ferro, che s'incastra nella grossezza del cuojo, che è tre linee all'incirca, il che si distingue ancor meglio nella vigesima figura.

956. Lo stantuffo è coperto da una valvola di cuojo fortificata da lastre di lamiera o di rame GG, fatte a segmento di cerchio, come dimostra la figura 22; sopra la valvola vi sono pure delle lastre simili, ma di diametro minore onde entrino nel corpo dello stantuffo come indica la circonferenza punteggiata IK, non essendovi che il cuojo e le lastre superiori che poggino sul margine della scatola, per cui il cuojo trovasi serrato in mezzo dalle quattro viti H, munite dei loro dadi.

Questa valvola si applica alla scatola in guisa che il mezzo FF sia posato su la spranga DD, figura 19, e per collegare insieme il tutto si adopera una croce di ferro LMNOP, rappresentata dalla figura 21, che è un profilo su la lunghezza della spranga DD; la parte MN poggia sul mezzo FF della valvola: allora il maschio OP attraversa la piaghetta E ed infila una traversa di ferro QR le cui estremità XX s'incastrano a metà nell'interno della scatola e nella sua grossezza, che è diminuita in questo luogo al pari del cerchio BB, che trovasi sostenuto in questo modo e serrato contro la scatola facendo entrare una chiavetta V nel foro T, come se ne può giudicare dalla figura 17, che è un altro profilo dello stantuffo ad angolo retto col precedente.

L'asta LO si adatta ad una stanghetta di ferro mediante un maschio che è alla sommità di essa e della piaga che vi è nel mezzo, e delle due viere che servono a serrarle l'una contro l'altra; questa stanghetta è sospesa ad una manovella od alla estremità di un bilanciere.

Le dimensioni delle parti di questo stantuffo potendo essere misurate con la scala che gli appartiene, non mi arresterò di più bastandomi dire che si è eseguito anche nelle trombe della macchina di Frêne avendolo io stesso disegnato in luogo, e fu preferito a tutti gli altri di cui ho fatto esperienza; difatti esso è di una solidità a tutta prova, e l'acqua potendo attraversarlo senza stento, qualunque velocità vi possa essere discendendo, non credo che se ne possa immaginare altro migliore.

Gli stantuffi pieni, come s' impiegano comunemente nelle trombe prementi, non mancano di prerogative; ma essendo fatti di legno durano poco, e sono soggetti a non combaciare esattamente col corpo di tromba in modo da impedire che l' acqua vi passi quando la colonna che preme è molto elevata, non potendo il cuojo resistere al grande sforzo che fa l' acqua per isfuggire; perocchè siccome è moralmente impossibile che si possa calibrare con tanta perfezione un tubo che non ne rimangano ineguaglianze impercettibili, il cuojo si logora più da una parte che dall'altra ed offre passaggio all'aria od all' acqua: per rimediare a tali difetti ecco uno stantuffo molto più solido e che può passare pel più perfetto di tutti i finora usati come se ne giudicherà dalla spiegazione delle figure 15 e 16.

957. Il corpo di questo stantuffo è composto di due cilindri di bronzo A B C D, E F G H, figure 15 e 16, di una vite N O, e di un anello Z, tutto fuso insieme; il diametro C D è una linea od una linea e mezzo più picciolo di quello del corpo di tromba Q R S T, e il diametro E F non è che la metà del precedente; in quanto allo spessore A C basterà dargli il quarto del diametro A B, e fare E G il doppio circa di E F.

Si ha una quantità di rotelle di cuojo il cui diametro è un poco più grande di quello del corpo di tromba e dopo avervi fatto un foro nel mezzo di un diametro eguale a G H, s'infilano nel cilindro E F G H che loro serve di nucleo; e dopo averle ben battute a colpi di martello per premere le une contro le altre per tutta l' altezza E G, se ne aggiugne alcuna di più che si sostiene mediante una lastra di rame I K, che deve essere grossa la metà di A C, e che essendo pure traforata nel mezzo si adatta su la parte L M, dopo di che si comprime il tutto per mezzo del dado V X che si fa girare a forza; ciò fatto, si posa lo stantuffo sul tornio per ridurre le rotelle allo stesso diametro della testa dello stantuffo; e così l'insieme forma un cilindro I A B K la cui superficie è uniforme.

Questo stantuffo in tal modo disposto s'introduce senza difficoltà fino al fondo del corpo di tromba, dopo di che si versa l'acqua al di sopra; allora il cuojo si gonfia e tutte le rotelle si uniscono contro il corpo di tromba e formano insieme un nuovo cilindro Y il cui diametro è eguale a quello del corpo di tromba e non lasciano alcun ingresso all'aria nel tempo dell'aspirazione, nè passaggio all'acqua quand'è premuta; succede pure che a misura che la superficie del cilindro Y si logora per l'attrito, il cuojo si stende al di fuori per rigonfiarsi di nuovo, perocchè nel principio è ben lungi dall'aver preso tutta la dilatazione di cui è capace, massime se s'impiega del cuojo di Liegi che è il migliore di tutti: in tal modo l'adesione è continua.

Aggiugnerò che l'anello Z serve ad afferrare l'asta P in modo che possa agire senza contrasto, affinchè lo stantuffo nel salire e nel discendere non abbia nulla che tenda a determinarlo da una parte piuttosto che dall'altra; perocchè siccome non si è sempre in arbitrio di far agire l'asta perpendicolarmente, massime quando è sospesa ad una manovella, bisogna evitare che sia sforzata nel suo moto; perciò nelle trombe prementi è meglio che sia attaccato con un rampone allo stantuffo anzi che esservi fisso.

958. Sebbene lo stantuffo precedente sia dei migliori, bisogna però convenire che dopo un certo tempo, quando il cuojo sarà dilatato successivamente per supplire al consumo cagionato dall'attrito, l'adesione non sarà così grande da non cedere un poco allo sforzo dell' acqua premuta, se la

colonna è molto alta; perocchè la resistenza che cagionerà pel proprio peso sarà sempre la stessa, mentre l'adesione dello stantuffo andrà continuamente diminuendo; quindi per rendere le cose eguali, converrà che esista una causa la quale proporzioni la sua adesione allo sforzo che è costretto di fare premendo, ed allora un tale stantuffo avrebbe tutta la perfezione che si può desiderare: questo pensiero avendomi occupato per qualche giorno ho trovato alcuni mezzi di fare quanto dico, ed ecco quello che mi è sembrato il più naturale e comodo in pratica.

Bisogna immaginare un cilindro di bronzo *g h*. Figura 1, Tavola 4, vuoto e tempestato da piccoli fori; questo cilindro dev'essere coperto superiormente con un disco A B, della stessa materia, uno e l'altro fusi insieme col margine I K che serve di labbro per attaccare il cilindro ad un secondo disco *c d* simile al primo, con questa sola differenza che deve avere nel mezzo un foro di diametro eguale a quello dell'interno del cilindro: ivi deve essere una valvola a nicchio, in guisa che la linguetta sia afferrata dalla briglia, o boccaglia I K e dal disco, il tutto stretto insieme da viti e dadi: sul contorno di ciascun disco si praticherà una gola circolare i cui margini debbono essere rotondati per ricevere gli orli di una borsa di cuojo, di figura cilindrica a cui i dischi serviranno di fondo; e per unirli insieme si farà uso di grossi fili i quali si avvilupperanno con un gran numero di giri per serrare fortemente il cuojo, in guisa che il tutto formi un tamburo rappresentato dalla figura 9, che non deve avere altra apertura tranne quella del fondo, quando è innalzata la valvola di cui si vede la coda al punto K della stessa figura: si attaccherà lo stantuffo ad un'asta Il, avente tre o quattro braccia I G, per unirlo al disco per mezzo di viti e dadi.

Si comincierà dal versare l'acqua nel corpo di tromba finchè si alzi fino a tre quarti della sua altezza; quindi s'introdurrà lo stantuffo che alla prima acenderà senza ostacolo, ma quando calerà più basso, l'aria che si troverà rinchiusa al disotto, essendo compressa, innalzerà la valvola, passerà nel cilindro *g h*, di là nel tamburo, il quale continuando a discendere vi passerà pure una parte dell'acqua fino a che lo stantuffo sia giunto al ciglio del foro N O, figura 1, cioè nella situazione in cui si vede delineato; allora l'aria straniera e l'acqua avendo enfiato il tamburo più che non era prima, il cuojo comincierà ad unirsi al corpo di tromba, debolmente invero, ma a sufficienza per impedire l'introduzione dell'aria esterna quando s'innalzerà lo stantuffo, perchè la valvola si chiuderà all'istante.

959. A misura che lo stantuffo nel salire e discendere agirà come al solito per espellere l'aria dal tubo d'aspirazione, l'acqua salirà e giugnerà finalmente nel corpo di tromba: quando vi sarà giunta, lo stantuffo nel volerla comprimere, ne riceverà egli stesso una parte che costringerà l'aria a ridursi ad ogni colpo in un minor volume, e l'azione dello stantuffo divenendo sempre più forte a misura che l'acqua si troverà innalzata ad una maggiore altezza nel tubo ascendente, l'aria del tamburo acquisterà anch'essa per parte sua una forza più grande e per conseguenza premerà sempre più il cuojo contro la tromba; perocchè ciò che dico dell'aria devè pure intendersi dell'acqua con cui è rinchiusa: finalmente quando il tubo ascendente sarà pieno la forza di elasticità dell'aria si troverà in equilibrio col peso della colonna d'acqua a qualunque altezza possa essere, tanto su lo

stantuffo aspira o preme, la sua adesione sarà sempre la stessa; e quando il corpo di tromba non fosse perfettamente cilindrico questo difetto che sarebbe grandissimo in ogni altro caso sarà indifferente in questo; poichè la superficie dello stantuffo essendo flessibile si assoggetterà alla figura di quella che gli aderisce.

Malgrado tutte le cure che si possono prendere onde perfezionare una macchina, niuno oserebbe sperare di renderla interamente scevra da difetti, e si fa molto quando si giugne a lasciarne ad essa meno che è possibile; succede anche spesso che volendo evitare una imperfezione se ne fanno nascere altre non meno dannose, e tutto considerato, è meglio attenersi al primo oggetto. Lo stantuffo da noi descritto non può perdere acqua essendo la sua superficie perfettamente unita a quella del corpo di tromba; ma siccome da questa adesione risulta un maggiore attrito, il cuojo non può durare a lungo; perciò conviene, per non rinnovarlo così spesso, metterne diversi l'uno su l'altro onde fortificare la borsa che non sarà meno flessibile a sottrarsi in parte alle ineguaglianze che potrebbe opporle il corpo di tromba; perocchè l'attrito di cui qui si tratta è molto diverso da quello che è prodotto dall'incontro delle superficie dei corpi duri; bisognerebbe adunque, acciò uno stantuffo non lasciasse nulla a desiderare, che avesse la proprietà del precedente, ma che non provasse attrito; il che non è impossibile basta soltanto che non si paghi troppo caro questo vantaggio, cadendo in alcuno di quegl' inconvenienti che ne diminuirebbero il pregio.

960. Gosset e Deüille, lavorando alla composizione di una macchina idraulica oltremodo ingegnosa, di cui darò in seguito la descrizione, hanno immaginato uno stantuffo spoglio affatto di attrito e che può impiegarsi indipendentemente dalla macchina di cui è una parte essenziale come è stato fatto al giardino del re in Parigi ad una tromba che innalza l'acqua per irrigare le piante.

Lo stantuffo di cui si tratta puossi fare grande come si vuole ed avere fino a 36 pollici di diametro, ma non ne darò che 15 a quello che descriverò, sembrandomi questa grandezza più ragionevole pei motivi che si vedranno in seguito: siccome esso deve agire in un corpo di tromba che non ha nulla di comune con quelle di cui ho finora parlato comincierò dal far vedere in che cosa consiste: esso è composto di due dischi di legno di rovere o d'olmo aventi 20 pollici di diametro per 5 di spessore; nel mezzo di ciascheduno si scava un vuoto cilindrico di 15 pollici di diametro per due e mezzo di profondità, il che forma due scatole che si applicano in direzione opposta; il loro profilo preso diametralmente è rappresentato da ciascuno dei rettangoli A B C D ed E F G H, Tavola 4, figura 2.

Lo stantuffo è composto di una tavoletta circolare Y Z, grossa un pollice il cui diametro deve essere alquanto più picciolo di quello del vuoto T O Q V per facilitarne l'azione: questa tavoletta si applica sopra un gran cerchio di cuojo o su molti quando un solo non è forte a bastanza, in guisa che sporge tutto all'intorno per 6 o 7 pollici; quindi si alloga la tavoletta Y Z nel fondo della scatola S T V X, e quello che cresce si ripiega tutto all'intorno del margine E S X G della stessa scatola; dopo di che si applica quello dell' altra scatola A B C D sul precedente e il cuojo si trova serrato tra due; e perchè lo sia più fortemente e le due scatole

non ne formino che una, si stringono insieme con le cavicchie di ferro 17, 18 le cui estremità sono tagliate a viti per adattarsi ai dadi; quindi lo stantuffo compone una specie di borsa 3, 4, 5 e 6 che si rivolge ogni qualvolta il fondo Y Z è tirato in alto, cioè l'interno diviene esterno.

Al fondo di questa borsa avvi un foro L coperto di una valvola K, la quale quando è innalzata si appoggia contro il manico M W M cui è attaccata l'asta N che serve a far salire e discendere lo stantuffo; perciò vi è un altro foro 9, 10 nel fondo della scatola superiore, che corrisponde al tubo verticale 13, 14 in cui passa l'asta N; questo foro è dilatato acciò il disco si possa applicare contro il cielo O Q quando lo stantuffo sale. Nel fondo inferiore della scatola vi è un altro foro 19, 20 che corrisponde al tubo d'aspirazione 15, 16, che tuffa nell'acqua che si vuole innalzare; questo foro è coperto da una valvola I come al solito.

Quando sale lo stantuffo, l'acqua che si suppone nel tubo d'aspirazione apre la valvola I, e passa nel vuoto che si forma per l'altezza di 4 pollici che è il solo giuoco che deve avere lo stantuffo per non indebolir troppo il cuojo, che non si sosterrebbe a lungo se avesse molta portata, mentre invece non avendo che pollici 2 1/2, da 5 in X non fatica molto: quando lo stantuffo si abbassa, la valvola I si chiude di nuovo, si apre l'altra K, e l'acqua rinchiusa tra il fondo T V e il cuojo 3, 4, 5, 6, passa pel foro L, si riduce nello spazio O P Y Z Q, e di là è respinta nel tubo verticale; quindi si vede che lo stantuffo galleggiando sempre fra due acque non ha verun attrito; aggiugnerò che quando è fatto di buon cuojo può lavorare continuamente per tre o quattro mesi senza che siasi obbligati a porvi mano, come ha fatto vedere l'esperienza nelle trombe che Gosset e Deüille hanno fatto eseguire per estrarre l'acqua dalle miniere di Bretagna.

Il solo difetto che si possa trovare in questo stantuffo, si è che qualunque sia la grossezza del tubo verticale 13 e 14, la potenza è sempre aggravata dal peso di una colonna d'acqua che avrebbe per base il cerchio O Q, e per altezza l'elevazione del serbatojo al di sopra della sorgente: è vero che si può aumentare il diametro di questo tubo, e diminuire quello dello stantuffo, affinchè, essendo eguali, la potenza non sia aggravata se non dal peso che deve naturalmente innalzare.

Si troverà forse che questo stantuffo avendo così poco agio non darà molt'acqua ad ogni innalzamento; ma questo non è un difetto, poichè gl'innalzamenti potranno essere più frequenti; così ciò che si perderà da una parte potrà essere riparato dall'altra ed il prodotto sarà sempre lo stesso come se la corsa fosse maggiore.

Siccome è necessario che l'asta dello stantuffo passi nel tubo verticale, non si può innalzar l'acqua con questa tromba a considerevole altezza; nondimeno l'asta della tromba eseguita nel Giardino del re ha 25 piedi almeno, e dandone altrettanti al tubo d'aspirazione si potrà sempre innalzar l'acqua fino a 50 piedi al di sopra della sorgente in modo assai semplice e con pochissima spesa; poichè facendo uso di tubi di legno si potrà eseguire una tromba simile a quella, per meno di 100 lire tornesi, in un gran numero di casi ove può divenire utile come una macchina costrutta a tutta spesa.

Su le valvole.

Le valvole diverse adoperate finora si riducono a quattro specie; la valvola a conchiglia, la valvola conica, la valvola sferica e la valvola ad animella; le tre prime si fanno di bronzo, ed eccone la descrizione e la proprietà.

961. Se si osserva la figura 1, Tavola 4, vi si vedrà una valvola a conchiglia E, posta nel fondo di un corpo di tromba; la linguetta A A munita di due girelle di cuojo è ristretta coi margini del corpo di tromba a quelli di una specie di fondello IK; a questo è congiunto con un nodo di saldatura il tubo d'aspirazione L M fatto di piombo: credo di non aver bisogno di dire che la valvola E è collocata nella sua conchiglia B C, e che la parte G H rappresenta il sostegno dell'anello in cui agisce l'asta F.

La figura 8 rappresenta pure la stessa valvola veduta in sezione, onde farne conoscere meglio i difetti, che sono più essenziali di quanto si crede, poichè se si fosse studiata bene questa valvola non sarebbe forse divenuta di un uso tanto comune. A ben giudicarne basterà considerare che la superficie del suo circolo massimo R L diminuisce il passaggio all'acqua di tutta la capacità ond'occupa il posto, poichè non può sfuggire che per lo spazio in forma di corona che rimane fra la circonferenza del cerchio R L e quella del tubo ascendente, il che è direttamente contrario agli articoli 897 e 899 in cui si è insinuato che bisogna che l'acqua premuta da uno stantuffo trovi dovunque un passo libero e di una capacità eguale al cerchio del corpo di tromba, affinchè non sia costretta a passare in un luogo con più velocità che in un altro, perocchè altrimenti la potenza che dà moto allo stantuffo sarebbe obbligata ad uno sforzo molto più grande di quello che se l'acqua non fosse incagliata.

962. Sembra che per facilitare di più la salita all'acqua, non si abbia che a diminuire il cerchio R L, ma ciò non si può fare se anche non si diminuisce l'altro cerchio N D od il suo eguale M I, per conseguenza senza restringere il passo dell'acqua a traverso della conchiglia B C; quindi si cade sempre nello stesso inconveniente, e tutto ciò che si può fare di meglio si è quello di regolare in tal modo i diametri R L ed M I che l'acqua attraversando la conchiglia e passando intorno alla valvola sia impedita meno che è possibile; perciò fa duopo che la superficie del cerchio M I sia eguale alla corona formata dalla differenza delle superficie dei cerchi R L ed M I: ora siccome questa valvola può avere la sua utilità in certi casi ne determineremo la grandezza del diametro, riguardo a quella del corpo di tromba o del tubo ascendente, per render eguali i due passi di cui ho parlato; ma prima di venire a ciò, sappiasi che io chiamo *riposo* la scarpa O I della conchiglia su cui poggia la superficie esterna della valvola.

Chiamando a il raggio del tubo verticale; b la larghezza del riposo; x il raggio del cerchio M I o N D, si avrà $x + b$, pel raggio del cerchio grande della valvola; ora se si prendono i quadrati de' raggi per esprimere la superficie del loro cerchio, x^2 farà le veci della corona di cui si tratta, poichè deve essere eguale al cerchio M I; e siccome i cerchj R L ed M I presi insieme equivalgono il cerchio Q G, si avrà quest'equa-

zione $2x^2 + 2bx + b^2 = a^2$, dalla quale liberando l'incognita, si ha $x = \sqrt{\frac{a^2}{2} - \frac{b^2}{4}} - \frac{b}{2}$: ora supponendo b di un pollice ed a di 5, si troverà facendo il calcolo, che x o il raggio del picciolo cerchio della valvola vale tre pollici, ai quali aggiugnendo la larghezza del riposo si avranno 4 pollici pel raggio del suo circolo grande; e siccome quello del corpo di tromba ne è 5, i raggi di questi tre cerchj saranno nel rapporto dei numeri 3, 4 e 5, il che è evidentissimo; perocchè se il cerchio N D od M I è espresso dal quadrato del suo raggio che è 9, il passo dell'acqua intorno alla valvola sarà pure espresso dallo stesso numero, e la corona che esprime la scarpa del riposo, potrà esserlo per la differenza del quadrato di 3 a quello di quattro, cioè per quello di 9 a 16 che è 7, che sommata col doppio di 9 deve eguagliare il quadrato di 5, quindi si ha $18 + 7 = 25$.

Vedesi che qualunque sia la grossezza del corpo di tromba, o tubo verticale, Tavola 4, figura 8, per proporzionarvi la valvola fa duopo dividere il raggio del corpo di tromba in 5 parti eguali, prenderne 3 pel raggio del picciolo cerchio N D od M I, e quattro per quello del cerchio grande R I della valvola.

Avendo cercato l'altezza che poteva meglio convenire alla superficie convessa della valvola, mi è sembrato che bisognerebbe dare al lato D L il quarto del diametro R L del suo cerchio grande e l'ottava parte alla larghezza del riposo; allora l'angolo G D H sarà di 60 gradi, perchè il profilo della valvola formerà un trapezio cavato da un triangolo equilatero avente per base il diametro R L.

Si osservi che l'acqua premuta dal corpo di tromba nel tubo verticale, sarà estremamente impedita attraversando un passo più stretto di quello che conviene naturalmente, che incontrerà per via il disotto del perimetro della conchiglia ed il cerchio N D, il che la farà zampillare e respingere quella del disotto, e che soltanto con una forza straordinaria si farà salire, tanto più ch' essa sarà spinta secondo le direzioni P G ed I K oblique alla superficie G K del tubo: avendo fatto il calcolo della potenza occorrente al di là dell' equilibrio, ho trovato ch' essa doveva essere almeno 12 volte più grande di quello che se l'acqua salisse dovunque con una velocità uniforme. Non riferisco il dettaglio di questo calcolo, basta conchiudere che se si ha riguardo a tutte le ragioni che ho riferito, questa valvola non conviene per nulla nelle trombe prementi collocate al disotto del tubo verticale come nelle figure 14 e 17, Tavola 2; nondimeno se ne può far uso nel fondo di un corpo di tromba come si trova nella prima figura della Tavola 4; perocchè se la maggior altezza dello stantuffo non è al disotto di 27 o 28 piedi, resterà tanta forza al peso dell' atmosfera per far salire l'acqua nel corpo di tromba, con una velocità molto più grande di quella che potrà avere lo stantuffo, perchè l'acqua avrà sempre un passaggio più grande di quello che si potrebbe determinare secondo l'articolo 909.

Questa valvola ha un altro inconveniente che è quello di unirsi talvolta così intimamente alla sua conchiglia, che cessa di agire. Fontenelle ne riferisce un esempio nella Storia dell'Accademia Reale delle Scienze dell'anno 1703. Ecco un estratto di ciò che dice su tale riguardo.

Amontons, avendo costrutto una valvola premente immersa 6 piedi

nell'acqua; fu maravigliato nel vedere che le valvole di ghisa fatte perfettamente bene e bene appianate su la loro conchiglie si serravano tutto ad un tratto; fece amontare la tromba più volte per vedere ciò che ne poteva essere la cagione, ma non scoperse nulla di visibile.

Se queste valvole, che erano posate orizzontalmente nel corpo di tromba, come sono quelle, per esempio, dalla figura 17, Tavola 2, fossero state premute d'alto in basso dal peso dell'atmosfera, si avrebbe potuto credere che si fossero trovate nel caso di due superficie ben levigate ed umettate sovrapposte una all'altra che non possono essere separate che dall'azione di un gran peso, ma non vi era punto aria fra le valvole e lo stantuffo per cui potessero essere spinte d'alto in basso dall'acqua premuta dagli stantuffi.

Non rimane dunque che una causa sola a cui si possa attribuire la forza d'unione delle valvole e delle loro conchiglie, che consiste nell'acqua che le bagna; fa duopo che le parti d'acqua che sono entrate nei pori di uno di questi corpi, si attacchino così potentemente all'altro che non ve ne sia nessuna che non aderisca colle sue estremità ai due corpi, e che si attacchino tanto più potentemente quanto più sono levigate le due superficie, per escludere più perfettamente l'aria che si potrebbe trovare fra tutte e due, e quindi la moltitudine delle particelle d'acqua è quella che contribuisce alla grandezza dell'effetto per la difficoltà di staccarle o di estenderle, e perciò di aprire le valvole.

È certo che per istaccare dal bronzo le parti d'acqua che lo bagnano è necessario uno sforzo considerevole, e soltanto con l'evaporazione o con un attrito violento ed a più riprese si può venirne interamente a capo; in quanto allo estendersi le particelle dell'acqua, nè Amontons nè tutti gli altri che ne hanno voluto fare sperienza non hanno potuto assicurarsi che l'acqua fosse capace di estensione; quindi si può credere che tutto riducesi alla difficoltà di staccare le particelle d'acqua; è anzi verisimilissimo che non si attacchino colla stessa forza ad ogni specie di corpi.

963. Benchè abbia fatto sentire negli articoli 903, 904 e 905 l'importanza di non costringere mai l'acqua premuta a passare per istrozzature più piccole della superficie del cerchio dello stantuffo, nondimeno da questi articoli stessi dedurrò due regole generali che naturalmente si applicano alle valvole a conchiglia.

Quando il foro per cui deve passare l'acqua premuta, si trova più picciolo del cerchio dello stantuffo, e questo foro non forma un cerchio perfetto ma una corona, la superficie di questa corona o di qualunque altra figura e quella del cerchio dello stantuffo possono essere riguardate come le seconde potenze dei diametri (903), per conseguenza i quadrati dalle stesse superficie come i quadrati delle potenze, che esprimono il rapporto delle forze rispettive della corrente (905) applicate allo stantuffo (903); quindi, *allorchè si avranno due trombe dello stesso calibro destinate a premere alla stessa altezza un'eguale quantità d'acqua; che nella prima l'acqua possa salire senza ostacolo e nel secondo sia costretta a passare pel foro di una valvola la cui superficie sia minore di quella del cerchio dello stantuffo; vedesi che bisognerà che le forze che le faranno muovere con la stessa velocità sieno nella ragione reciproca dei quadrati delle superficie del cerchio dello stantuffo e del foro della valvola.*

Se per esempio, si ha uno stantuffo il cui cerchio sia di 50 pollici, e che per difetto delle valvole a conchiglia l'acqua sia forzata a passare da un foro la cui superficie non è che 20 pollici, considerando questi due numeri come le seconde potenze dei diametri, i quadrati degli stessi numeri 2500 e 400 esprimeranno il rapporto delle quarte potenze dei diametri; allora le forze che si dovranno applicare agli stantuffi di queste due trombe saranno nella ragione reciproca di 25 a 4; cioè occorreranno 24 gradi di forza alla potenza che preme l'acqua senza ostacoli, e ne occorreranno 25 a quella che è obbligata a farla passare per la valvola a conchiglia senza valutare la maggior resistenza che quest' ultima potenza troverà per parte degli ostacoli che questa valvola fa nascere colla sua opposizione al passaggio dell' acqua.

964. Se la potenza che spinge l'acqua del corpo di tromba in cui esiste una valvola a conchiglia, non fosse suscettibile di aumento, cioè che rimanesse eguale a quella che è applicata alla tromba in cui non è nessun ostacolo, *il tempo che sarà necessario alla prima, starà al tempo necessario alla seconda per far fare allo stantuffo lo stesso cammino o per innalzare quantità d'acqua eguali, nella ragione reciproca della superficie dello stantuffo a quella del foro della valvola* (905). E secondo l' esempio precedente come 50 sta a 20, ossia come 5 sta a 2, cioè supponendo che alla seconda potenza occorrano 4 secondi per far fare allo stantuffo 30 pollici, converrà che la prima potenza ne impieghi 10 per far fare alla propria lo stesso cammino; il che è evidentissimo per l'articolo 460, in cui si dimostra che *quando le altezze de' serbatoj o le velocità dell'acqua sono eguali, e per conseguenza le forze che le imprimono, è necessario perchè esca una eguale quantità d'acqua da due orifizj diversi, che i tempi dell'efflusso sieno nella ragione reciproca degli stessi orifizj.*

Non bisogna maravigliarsi adunque se avviene di spesso che le trombe non diano precisamente la quantità d' acqua che se ne dovrebbe attendere, avuto riguardo alla forza del motore, perocchè se il passo dell'acqua si trova ristretto nel luogo della valvola o di una svolta, *la velocità dello stantuffo sarà tanto più ritardata rapporto a quella della corrente che le muove, quanto occorrerà che la velocità rispettiva di questa corrente sia più grande.*

Se non si è veduto l'inconveniente di far passar l'acqua per certi luoghi con maggiore velocità che non ha lo stantuffo, ciò dipende dai macchinisti, la maggior parte de' quali fanno i calcoli nello stato d' equilibrio per poscia diminuire il peso di una certa quantità presa all'avventura senza curare la velocità che può ad essa convenire. Ed anche questa maggior parte non fa questa diminuzione che per aver riguardo agli attriti, benchè questo sia un oggetto interamente separato dal precedente: del resto nel Capo V si troverà la descrizione di una nuova valvola che non ho potuto riferire in questo, le cui tavole erano incise gran tempo prima che questa valvola mi fosse caduta in pensiero, non avendola immaginata che da poco in qua per rettificare la macchina del ponte di Nostra Donna a Parigi. Mi rimane ancora da parlare di alcune altre valvole che sono in uso, ma che non riporto se non per farle conoscere, persuaso che si cesserà di farne uso quando si conoscerà il vantaggio di quella di cui ho fatto menzione.

966. La valvola conica è composta di un cono tronco E, figura 7, che

si combacia colla conchiglia B C, fatta presso a poco come la precedente, colla differenza però che è priva dell' anello nel mezzo, perchè l' asta è molto breve: alla sua estremità è una copiglia R G che impedisce alla valvola lo sfuggire; il suo circolo grande corrisponde immediatamente ad un capitello convesso i cui margini debbono avere sporto bastante acciò ricadendo chiudano sempre esattamente la conchiglia; perocchè non essendovi nulla che costringa l'asse del cono a rimaner sempre nel mezzo, potrebbe allontanandosi da destra o da sinistra, lasciar una luce per la quale l'acqua del tubo ascendente, ricadrebbe nel corpo di tromba; vedesi che questa valvola è nel caso della precedente, restringendo del pari il passaggio dell' acqua, e che tutto quello che abbiam detto le può essere applicato, perciò non mi vi tratterrò di più.

967. La valvola sferica è molto più semplice non essendo composta che di una sfera E, che ricade in una conchiglia B C fig. 6 allorquando lo stantuffo aspira: è certo che questa valvola sarebbe preferibile a tutte le altre se non avesse il difetto di restringere il passaggio all'acqua; perocchè una volta che sia allogata nella parte inferiore di un tubo, agirebbe molti anni senza che si fosse costretti a toccarla, non essendo soggetta a veruna riparazione: è vero che si potrebbe allargare il tubo ascendente, sopra e sotto la conchiglia per l'altezza di un diametro dello stesso tubo, affinchè il foro della conchiglia ed il passo dell'acqua intorno alla sfera fosse eguale al cerchio dello stantuffo e che l'acqua avesse dovunque una velocità uniforme. Allora questa valvola sarebbe perfetta quanto si potrebbe desiderare; bisogna soltanto stare attenti di non farla nè troppo leggera nè troppo pesante; perchè se è troppo leggera ed il tubo ascendente è dello stesso calibro del corpo di tromba, l'impulso dell'acqua non mancherà d'innalzarla a considerevole altezza, e la conchiglia non sarà chiusa abbastanza prontamente per impedire che l'acqua torni a discendere: potrà anche succedere un effetto molto bizzarro, ed è di vedere continuamente la stessa acqua passare dal corpo di tromba nel tubo ascendente e dal tubo ascendente nel corpo di tromba, secondo che lo stantuffo aspirerà o premerà, perocchè se il passaggio non è interrotto nell'istante in cui cesserà l'impulso non salirà nuov' acqua nel corpo di tromba e neppure nel serbatojo.

Al contrario se la valvola è molto pesante, come di 60 in 70 libbre, che è presso a poco il peso che avrebbe se essendo massiccia avesse 7 ad 8 pollici di diametro, la potenza sarà obbligata a vincerlo indipendentemente da quello della colonna d' acqua; per prendere un giusto mezzo adunque bisogna regolare il peso specifico della valvola su la velocità dello stantuffo, acciò non si allontani mai dalla sua conchiglia, se non quanto occorrerà per lasciar passare l' acqua, a meno che per evitare ogni inconveniente non vi sia ritenuta da una catena.

968. Ci rimane a parlare della valvola fatta a cerniera, che è certamente la meno imperfetta, lasciando un libero passo all'acqua, come si può vedere dalla figura 5; Tavola 4, ove si vede la valvola A D che differisce poco da quella descritta nell' articolo 867; essa è composta di un pezzo di cuojo C D serrato fra due lastre di bronzo A B ed E F, la prima delle quali ha un diametro di due o tre pollici più grande di quello del tubo L M; la seconda E F al contrario ha il suo diametro un poco più picciolo di

quello di questo tubo, onde poter entrarvi dentro: queste due lastre sono strette insieme da una vite S R e da un dado G H; il pezzo di cuojo ha una coda D T che serva di cerniera serrata fra le labbra come al solito.

Questa valvola che si suppone collocata nella parte inferiore di un tubo saliente, è collocata in un tamburo I K per non restringere il passaggio dell' acqua in questo punto; voglio dire che si è gonfiato il basso del tubo saliente N O, onde avere una corona Y Z tutta all' intorno del labbro del tubo L M, per appoggiare la valvola che perciò si trova orizzontale: situazione preferibile a quella che si può chiamar verticale, come nelle figure 6 e 7 della Tavola 1 nei luoghi S e C, che non chiude così bene: è vero però che in compenso lo spazio vuoto non è così grande.

Si potrebbe prescindere dal fare questa valvola così grossa come sembra, altrimenti la cerniera che non è che di cuojo sarebbe logora ben presto, essendo la parte più debole; quindi è sempre in questo che mancano cotali valvole, specialmente quando sono molto lunghe; d' altronde sono soggette a frequenti riparazioni, e non sono comode per chiudere grandi tubi, perchè avviene spessissimo che nel ricadere si allontanano più da una parte che dall' altra e non chiudono mai esattamente; il cuojo della cerniera divenendo troppo flessibile non ha più corpo a bastanza per costringere la valvola a seguir sempre la stessa determinazione; per rimediare a tale inconveniente, allorchè il tubo saliente ha 8 in 10 pollici di diametro, si potrebbe fare una valvola composta di due linguette; come quella che ora descriverò.

969. Bisogna immaginare una corona di bronzo come vedesi rappresentata dalla figura 19, il cui diametro minore sia eguale a quello del tubo verticale, e che quello del cerchio maggiore dia alla corona tutta la necessaria larghezza per essere serrata fra le labbra del tamburo e quelle del tubo ricurvo; questa corona deve essere attraversata diametralmente da una barra D D, in guisa che il tutto formi un pezzo solo, come si è espresso in profilo nella figura 4; in cui la parte L M rappresenta questa corona con la barra A veduta di traverso; si farà un cerchio di bronzo col diametro due pollici più grande di quello del tubo saliente per lasciare uno spazio intorno al foro; se ne faranno due linguette E ed I, fortificate sotto e sopra da lastre di rame G H, trattenute insieme, come è stato minutamente descritto all' art. 956, descrivendo la valvola dello stantuffo della figura 17; si applicherà il cerchio di cuojo diametralmente lungo la traversa A, e si poserà sopra un regolo di bronzo B della stessa lunghezza, e si uniranno insieme con due viti, come si è rappresentato nella fig. 3.ª ove si osserverà che il regolo B C è accompagnato da una specie d' impugnatura D E veduta di fronte, mentre nella quarta sembra di profilo; questa impugnatura serve ad impedire che le linguette cadano tutte e due dalla stessa parte; è certo che questa valvole è delle più comode e restringe così poco il passo che non merita la pena di farvi attenzione.

970. Quand' anche mi si dovesse tacciare di troppa prolissità sopra cose che non sembrano meritarla, non posso a meno di descrivere ancora una valvola; mentre mi è duopo confessare ingenuamente che non posso tacere quando osservo qualche cosa che abbia apparenza di utilità: le valvole o linguette di cuojo non essendo di lunga durata, ho pensato che se ne potrebbe fare di rame egualmente comode, componendole di due

semicerchj inchiavati insieme da una cerniera comune, il che s' intenderà al primo sguardo considerando le figure 10, 11, 12 e 13; quest' ultima rappresenta la pianta di queste valvole nella posizione in cui si trovano quando sono chiuse; sono esse allogate in una scatola B B, il cui alzato è eguale a quello di esse, e si muovono per mezzo delle cerniere G G la cui spina è trattenuta alle sue estremità in due aste E che non si possono distinguer bene che nella figura 12; verso la sommità di ciascuna asta è un bottone F, che serve a mantenere le valvole nella situazione in cui sono rappresentate nelle figure 10 e 11, acciò possano ricadere ciascuna dalla sua parte, tosto che lo stantuffo cessa di premere, e siccome gli sviluppi diversi che do in questo luogo sono sufficientemente espressi per giudicare di ciò che si tratta, non mi arresterò a più ampia spiegazione; dirò soltanto che la linguetta A A deve essere serrata da cerchj di cuojo fra le labbra del tamburo I K e quelle del tubo L M corrispondente al corpo di tromba.

Nel Capo quinto si troverà una valvola assai più perfetta delle precedenti da me immaginata da poco in qua nella occasione che inventai le nuove trombe per rettificare la macchina applicata al ponte di Nostra Donna.

V' è pure un' altra valvola che si colloca al fondo di serbatoj o bacini, la quale serve a metterli a secco od a dispensare l' acqua nei tubi di condotta per farla zampillare nei giardini; questa valvola, che è rappresentata dalla figura 10, Tavola 1, del Capo seguente è composta di una scatola di rame A B C D chiamata *ralla femmina* munita di un margine B C dilatato come le conchiglie delle valvole ordinarie per allogarvi il coperchio G o *ralla maschio*, cui è attaccata un' asta H che serve ad aprire ed a chiudere la valvola per mezzo della traversa E F, avente un foro nel mezzo in cui l' asta agisce perpendicolarmente.

Ecco in generale ciò che mi è sembrato potersi dire su le trombe; forse sarò tacciato per essermi diffuso di troppo; ma ho creduto che un soggetto di tanta utilità, e su cui non si è scritto nulla, non potesse mai essere sviluppato di troppo, essendomi proposto principalmente l' istruzione di coloro che hanno genio per le macchine, e nei quali non poteva supporre maggiori cognizioni di quelle che hanno quasi tutti gli operaj che se ne occupano; potrei anche aggiugnere che le trombe essendo le parti più essenziali delle macchine idrauliche, questo Capo diviene la base di quelle che in seguito andrò spiegando.

CAPO QUARTO

DESCRIZIONE DI VARIE MACCHINE PER INNALZARE L'ACQUA COLLE TROMBE.

971. In qualunque modo si adoperi per innalzare l'acqua col mezzo di trombe si caderà in uno di questi tre casi: il primo, di estrarla da un luogo profondo per innalzarla fino al pianterreno; il che si può fare con trombe aspiranti ripetute tante volte quant' è necessario. Il secondo, quando si vuol innalzare l' acqua di una sorgente sopra una montagna, e bisogna far uso di trombe prementi che costringano l' acqua a salire nei tubi posati verticalmente, o lungo un piano inclinato. Il terzo, quando l'acqua trovandosi molto inferiore al pianterreno si vuole innalzarla molto al di sopra; allora, siccome questo caso rinchiude i due precedenti, bisogna necessariamente servirsi di trombe aspiranti e prementi.

Per esporre in questo Capo diversi mezzi di far muovere le trombe convenienti ai tre precedenti casi, tali da poter essere eseguiti dai privati, comincierò dal descrivere una tromba aspirante espressa nella Tavola 1, per estrarre l'acqua da un pozzo o da una cisterna.

972. Questa tromba è composta di un tubo di piombo A, figura 1, di due pollici di diametro, che tuffa nell' acqua che si vuole innalzare, con l' estremità H a gomito onde fermarlo sopra uno zoccolo di legno o di pietra. Questo tubo termina ad un altro B, pure di piombo, di 5 pollici di diametro che serve di corpo di tromba, con la sua parte N a foggia d'imbuto per unirsi al tubo di elevazione e per servire a contenere un bariletto D coperto di una valvola o linguetta O; questo bariletto è di legno fasciato di stoppa acciò l'acqua che è salita nel corpo di tromba, non possa più discendere quando la valvola è chiusa.

Lo stantuffo di questa tromba è composto di un altro bariletto munito superiormente di una banda di cuojo; esso è attaccato ad un manico di ferro unito alla verga C e coperto dalla valvola N che si apre e si chiude alternativamente colla precedente, come si è spiegato nell' articolo 868.

La potenza applicata all'impugnatura K fa agire la leva MAI il cui braccio LK è di 30 pollici, e l'altro LM è di 5; quindi si vede che la potenza è la sesta parte del peso, che qui è espresso da quello di una colonna d'acqua di 5 pollici di diametro, avendo per altezza l'elevazione del recipiente P sopra il livello dell' acqua.

I pezzi F e G indicati dalla figura 4, sono due stromenti di ferro che servono a porre o levare il bariletto D che gli operaj chiamano *segreto*. Per collocarlo si lascia cadere nel corpo di tromba, e si consolida battendolo con la testa circolare del pezzo F. Per levarlo si comincia a cavare la valvola O coll'uncino G; poscia s'introduce internamente l'altra estremità H dello stromento F con cui si afferra per disotto. Per maggiore

intelligenza le figure 5 e 6 esprimono in grande i due barili o tamburi e le loro valvole, che sarà facile di riferire alla prima figura seguendo le lettere correlative.

973. La figura 7 rappresenta l'alzato di una tromba che può avere la sua utilità; la leva A fa muovere due verghe di ferro B, C, una delle quali si abbassa e l'altra s'innalza, il che può servire nel caso in cui l'acqua sia troppo bassa per essere elevata tutta in una volta. Se per esempio si avesse un pozzo di 40 piedi di profondità, si potrà avere due corpi di tromba, il primo collocato circa alla metà della profondità del pozzo e l'altro al di sopra del pianterreno; la verga C farà muovere lo stantuffo che aspirerà l'acqua all'altezza di 18 o 20 piedi, per essere poi ripigliata dallo stantuffo del corpo di tromba corrispondente alla verga B.

974. La figura 8 dimostra un'altra specie di tromba aspirante che agisce per mezzo di una bilancia E; la potenza è applicata alla corda A e innalza il peso B, e questo peso nell'abbassarsi fa innalzare l'asta C. Questa tromba, che si suppone in un cortile, può servire in comune anche con un giardino, perchè avendo una corda attaccata al braccio D della bilancia e facendola passare a traverso del muro divisorio, tirando l'impugnatura F si farà muovere il peso B e per conseguenza lo stantuffo che corrisponde alla verga C che condurrà l'acqua nel tubo G per iscaricarla nel recipiente H; ma allora bisogna chiudere l'altro I e reciprocamente. In quanto alla figura 9, essa rappresenta due corpi di tromba di legno ad uso delle navi che possono adoperarsi anche per innaffiare i giardini.

975. La figura 3 della Tavola 3, rappresenta un altro disegno di una macchina per muovere delle trombe aspiranti a forza di braccia. La manovella A, cui deve essere applicata la potenza, è accompagnata da un volante B per mantenere l'uniformità del moto. Nell'asse di questo volante è un rocchetto C che s'ingrana in una ruota D, il cui asse G H è a gomito in modo da formare una doppia manovella L M K I O, cui sono attaccate le verghe E, F degli stantuffi che aspirano alternativamente onde non si abbia perdita di tempo.

Riguardo alle dimensioni più convenienti alle parti di questa macchina bisogna dare 12 pollici al gomito della manovella A; 6 a quello dell'altra manovella M N, 6 al raggio della ruota D, 2 a quello del rocchetto C; e 3 piedi a quello del volante B.

976. Supponendo che si voglia innalzar l'acqua ad un'altezza di 28 piedi colla forza di un uomo che noi valutiamo 26 libbre, applicata alla manovella A, ecco come potrassi trovare il diametro degli stantuffi acciò il peso della colonna d'acqua sia proporzionato alla potenza.

Se si richiama ciò che è stato insegnato negli articoli 109, 110 e 111, vedrassi che questa macchina può essere considerata come se non avesse che un corpo di tromba il cui stantuffo facesse salire l'acqua continuamente, e che il braccio di leva medio corrispondente al peso, deve essere espresso dai *due terzi* del gomito L M od N Q della manovella: ora siccome qui s'incontrano quattro braccia di leva fra la potenza ed il peso, che sono il gomito L M ridotto a 4 pollici; il raggio della ruota D di 6, quello del rocchetto C di 2, e il cubito della manovella A di 12, la potenza starà al peso (74) come 4×2 sta a 6×12, ovvero come 1 a 9: si potrà dire adunque, come 1 sta a 9, così 25 sta ad un quarto termine

che si troverà di 225 libbre pel peso della colonna d'acqua che la potenza deve innalzare, di cui si avrà il volume con questa proporzione: Se libbre 70 di acqua danno 1728 pollici cubici, quanti ne daranno 225 libbre? si troveranno 5554 pollici cubici che bisogna dividere per 28 piedi, o 336 pollici altezza della colonna di cui si tratta; si avrà circa 16 pollici e mezzo per la superficie del cerchio della sua base che corrisponde ad un diametro di 4 pollici e 6 linee.

977. Per calcolare il prodotto di questa macchina, fa duopo considerare che il gomito della manovella M N, essendo di 6 pollici, la corsa di ogni stantuffo sarà di 12; quindi ad ogni rivoluzione di questa manovella, i due stantuffi insieme scaricheranno una colonna d' acqua di 2 piedi di altezza, su 4 pollici e 6 linee di diametro, che pesa circa 15 libbre 1/2.

Il raggio del rocchetto C, non essendo che il terzo di quello della ruota D, bisognerà che la potenza faccia fare tre giri alla manovella A, acciò l' altra M N ne faccia uno; e siccome questa potenza potrà fare in un' ora mille rivoluzioni (121), ne segue che la manovella M N ne farà soltanto 333 in uno stesso tempo, che moltiplicato per 15 1/2, dà 5161 libbre d' acqua ogni ora, ovvero 184 pollici.

978. Ecco un mezzo semplicissimo di far agire due trombe per mezzo di un altaleno A B, Tavola 2, figura 3, carico di pesi alla estremità; esso poggia in equilibrio su due perni C come si può vedere su la pianta. A destra ed a sinistra vi sono due pezzi di tavola I inchiodati su de traverse E e D attaccate all' asse. Su queste due tavole è collocato un uomo che deve dar moto all' altaleno, e perchè sia sicuro si sono innalzati quattro pali commessi da correnti, quattro altri pali coperti da due cappelli potranno portare questa bilancia, non essendo necessaria una armatura più complicata. A 10 pollici da ciascuna parte dell' asse sono attaccate verghe di ferro M N che portano gli stantuffi. L' uomo appoggiandosi ora su uno ora su l' altro piede darà moto all' altaleno, aspirerà l' acqua nei corpi di tromba O P, e la premerà nel tubo saliente L H, ad un' altezza proporzionale al diametro degli stantuffi ed all' azione del motore. Gioverebbe mettere ad ogni parte un rullo appoggiato a due molle di ferro F G per ajutare a rialzare l' altaleno.

979. Morel, da cui ebbi questa macchina e le altre contenute nelle Tavole 2 e 3, avendo osservato che in molti luoghi, invece d' impiegare tre o quattro uomini come si fa d' ordinario per suonare le grosse campane a distesa, un solo le faceva oscillare facendo sforzo col piede su l' estremità di una tavola attaccata all' ariete, ha pensato che si potesse impiegare lo stesso mezzo per comporre la macchina rappresentata dalla figura 4, il cui oggetto si è quello di far agire due trombe. Perciò suppone A un peso di 200 libbre attaccato ad un asse, come sarebbe una campana; che quest' asse sia attraversato da una barra di ferro atta a portare due verghe F coi loro stantuffi per premere ed aspirare l' acqua dei corpi di tromba D C, di cui non si è marcato che il collocamento senza curarsi della forchetta e del tubo saliente. Infatti un uomo premendo col piede l'estremità della tavola E, come se suonasse una campana, farà muovere i due stantuffi; perchè quand' anche non facesse che lo sforzo di 60 libbre, avendo la leva 4 piedi di lunghezza, e le aste attaccate ad un piede dal centro dell' asse, il peso potrà essere quadruplo della potenza;

perciò se si suppongono gli stantuffi di 2 pollici di diametro, potranno premere una colonna d'acqua di 154 piedi d'altezza.

980. Le figure 1 e 2 rappresentano il modo di far agire le trombe aspiranti e prementi messe in moto da uno o due uomini applicati alla manovella A munita di un volante Q, all'asse del quale è un rocchetto B che ingrana due ruote C D, il cui asse è comune ad altre due picciole ruote E ed F, dentate soltanto nella metà della loro circonferenza, come puossi giudicare dalla figura 5, che dimostra la situazione di queste ruote rapporto ai loro assi; quindi, allorchè si mette in moto la manovella, essa fa girare il rocchetto B e per conseguenza le ruote C D al pari delle due altre E F che s'ingranano alternativamente nelle aste dentate G ed H, attaccate ai manichi degli stantuffi, uno de' quali preme l'acqua nel tubo saliente O, mentre l'altro l'aspira per farla salire sopra la valvola inferiore, come è facile immaginare, richiamando ciò che è stato spiegato negli articoli 872 e 877, perocchè si osserverà che i denti delle due picciole ruote essendo situati in direzione opposta, la prima E fa salire il regolo G fino all'ultimo dente, dopo di che non presentando se non la parte priva di denti, il peso I di cui è aggravato questo regolo, fa discendere lo stantuffo per premere l'acqua ad un'altezza proporzionata alla grossezza del corpo di tromba ed all'azione del peso I, che deve essere superiore a quello della colonna. D'altronde, finchè il regolo G sale, e lo stantuffo aspira, i denti dell'altra ruota F afferrano il regolo H per farlo discendere fino all'ultimo dente; allora il suo stantuffo N comprime, il che succede per l'azione della potenza motrice, e tosto che questo foro presenta la parte non dentata, il regolo H risale, perchè è innalzato per l'azione del peso K, a cui corrisponde mediante una fune che passa su due carrucole; quindi basta che questo peso superi un poco quello della colonna d'acqua aspirata dallo stantuffo, compresa la resistenza prodotta dal peso dall'asta e dallo stantuffo. Aggiugnerò che i regoli G ed H debbono strisciare negl'incastri L per conservarsi verticali.

In quanto alle dimensioni di questa macchina, bisogna dare un piede di gomito alla manovella A, 6 piedi al diametro del volante Q, 4 pollici a quello del rocchetto B, 16 a quello delle ruote C D e 4 al raggio delle ruote E ed F, preso dal centro fino al mezzo dello sporto dei denti.

981. Siccome fra la potenza ed il peso esistono quattro braccia di leva, cioè il gomito della manovella di 12 pollici, il raggio del rocchetto di 2, quello delle ruote C D di 8, e quello delle ruote E ed F di 4, la potenza starà al peso come 2×4 sta a 12×8, ovvero come 1 a 12; per conseguenza un uomo con una forza di 25 libbre potrà innalzare una colonna d'acqua di 900 libbre: non resta dunque altro che seguire ciò che è stato insegnato nell'art. 976, per trovare il diametro degli stantuffi, facendo osservazione che l'altezza della colonna d'acqua deve essere espressa da quella del serbatojo al di sopra del livello della sorgente, come se il tubo d'aspirazione facesse parte dell'altezza del tubo saliente (890).

982. La figura 1, Tavola 3 rappresenta il disegno di una macchina eseguita a *Sources*, villaggio d'Alsazia, su la strada di Strasburgo a Landau: essa è collocata in un gran pozzo quadrato di acqua salata: per intenderla bene bisogna primieramente sapere che vi sono tre tavolati distanti 10 o 12 piedi uno dall'altro; l'armatura di legname A è posta

sul primo alla riva del pozzo; il verricello N sul secondo e la vasca C sul terzo: non si sono rappresentati questi piani per non imbarazzare la figura.

Una caduta d'acqua che scorre lungo la doccia R volge la ruota D, il cui asse E è munito di quattro speroni X, Y che poggiano uno dopo l'altro su le leve F, G, per far muovere il verricello B cui corrispondono queste leve con verghe di ferro attaccate alle estremità dell'altaleno K; e siccome le estremità dell'altro altaleno N portano le aste degli stantuffi dei corpi di tromba I ed H, vedesi che agiscono tutti e due ad ogni movimento del verricello; perocchè secondo la costruzione della macchina la leva F non si potrebbe abbassare, se non si alza l'altra A in pari tempo pel moto dell'altaleno K.

La tromba H, che è aspirante e simile alla descritta nell'articolo 971, innalza l'acqua del pozzo nel vaso C ad un'altezza di 24 piedi circa, quindi la tromba I che è aspirante e premente come nell'articolo 872, la riprende per farla salire pel tubo L a 60 piedi più alta; d'onde è condotta in un serbatojo vicino al luogo in cui si prepara il sale che è circa 84 piedi al di sopra della superficie dell'acqua del pozzo. Io non do le dimensioni che si sono seguite nella costruzione di questa macchina, mentre Morel che l'ha disegnata sul luogo con troppa fretta non ha avuto tempo di prenderle, ma intanto ecco quelle che mi sembrano doverle essere convenienti.

983. Suppongo che la ruota abbia 5 piedi di raggio, che la lunghezza degli speroni X, Y presa dall'asse dell'albero sia 20 pollici; che la lunghezza V S della leva F V, dal suo ipomoclio fino in S ove l'estremità dello sperone X comincia ad appoggiare sia di 70 pollici; che il punto T cui è sospesa la verga che dà moto all'altaleno K sia distante 60 pollici dal punto d'appoggio V e che gli stantuffi abbiano 12 pollici di corsa per ciascheduno. Ciò posto fa duopo che l'estremità dello sperone X percorra una certa lunghezza determinata S F della leva prolungata V F, acciò il punto T che ha lo stesso moto degli stantuffi possa abbassarsi di 12 pollici e risalire altrettanti, mentre gli speroni agiranno alternativamente su le leve F e G; altrimenti se lo sperone non isfugge dall'estremità F nell'istante della maggior discesa dello stantuffo, accederà che la macchina cessando d'agire potrà fare uno sforzo capace di rompere qualche pezzo, perocchè la ruota D andando sempre al suo modo tenderà a vincere l'ostacolo che vorrebbe impedire ad essa il girare. All'opposto se la parte S F è più breve che non occorre, lo sperone non facendo discendere il punto T così basso come si era proposto, non si potrà dire che lo stantuffo abbia 12 pollici di corsa, nè calcolare il prodotto della macchina su questa base. Siccome il caso di cui si tratta s'incontra spesso in varj mulini, mi vi arresterò un istante.

Si consideri la figura 4, il cui cerchio *a* rappresenta l'albero della ruota unitamente allo sperone *d c* che agisce su la leva *e b*, il cui punto d'appoggio è in *b* coll'asta *h k* dello stantuffo sospeso al punto *h*, come nella figura precedente; quindi seguendo le stesse misure, *a c* sarà di 20 pollici; *h b* di 60, *c b* di 70, e l'intervallo *a b* di 90.

Quando lo sperone *d c* sarà per isfuggire alla leva *e b*, le estremità *c* ed *e* figura 4, saranno riunite nel punto *g*, e il punto *h* sarà pervenuto in *i* dopo aver descritto l'arco *h i*; allora si avrà il triangolo *a b g*

il cui lato $a\,b$ sarà di 90 pollici, e il lato $a\,g$ di 20; d' altronde si ha pure il triangolo rettangolo $i\,n\,b$ la cui ipotenusa $i\,b$ sarà di 60 pollici ed il lato $i\,n$ 12, poichè segna la discesa dello stantuffo; si potrà dire adunque come $i\,n$ sta ad $i\,b$, così il seno totale sta alla secante dell'angolo $n\,b\,i$, che nelle Tavole corrisponde a 78 gradi e 27 minuti, il cui complemento è 11 gradi e 33 minuti pel valore dell'angolo $n\,i\,b$: ora siccome nel triangolo $a\,g\,b$ si conoscono due lati ed un angolo, è facile giugnere alla conoscenza del lato $g\,b$ che si troverà di 79 pollici e 6 linee per la lunghezza totale dalla leva $e\,b$ od F V della prima figura, da cui sottraendo la parte SV di 70, rimarranno 9 pollici e 6 linee per l' altra F S che deve percorrere lo sperone X acciò lo stantuffo discenda 12 pollici.

984. Per dimostrare in qual modo bisognerebbe calcolare questa macchina, si consideri che il raggio della ruota essendo di 5 piedi o di 60 pollici, e la lunghezza dello sperone X di 20, la potenza che chiameremo P starà allo sforzo che fa questo sperone al punto S, come 1 a 3. Quindi la potenza ridotta al punto S potrà essere espressa da $3\,p$, quando la leva F V e lo sperone X si troveranno nella stessa linea: ora siccome questa leva è della seconda specie (59) la potenza che agirà nel punto S starà allo sforzo che produrrà al punto E, per spingere la verga d' alto in basso, come V T (60) sta a V S (70); ovvero come 6 a 7: lo sforzo al punto T potrà dunque essere espresso da $7/2\,p$.

Per conoscere il diametro degli stantuffi di due trombe si consideri che mentre quello della tromba H aspira e l'altro della tromba I preme, sosterranno insieme il peso di una colonna d' acqua di 84 piedi, o di 1008 pollici di altezza. Per avere la base di questa colonna in pollici quadrati, bisogna cominciare dal ridurre $7/2$ in pollici cubici, dicendo: come 70 libbre sta a 1728 pollici così $7/2\,p$ sta ad un quarto termine che dà $\frac{432}{5}\,p$, cui bisogna dividere per 1008 pollici; dopo la riduzione si ha $\frac{3}{35}\,p$ per la superficie del cerchio degli stantuffi, cui bisogna moltiplicare per $\frac{14}{11}$, ond' avere il quadrato del diametro, che ridotto dà $\frac{6}{55}p$, la cui radice darà il diametro cercato.

Supponendo che la forza rispettiva della caduta su ciascuna palmetta della ruota nel caso del massimo effetto sia di 110 libbre, sostituendo questo numero in luogo di p si avranno 12 pollici quadrati la cui radice dà 3 pollici 5 linee e 6 punti pel diametro degli stantuffi.

Si osserverà che sebbene tutti gli speroni X, Y sieno capaci di una forza espressa da $3\,p$, non vi saranno se non quelli che agiranno su la leva F V che l'esercitano tutta intera, perocchè questa leva soltanto aspira e preme l' acqua e gli altri speroni Y non esercitano che una parte picciolissima della loro forza; questa leva G, non agendo uniformemente, la ruota ad ogni rivoluzione deve volgere più rapidamente in un tempo che in un altro: un secondo difetto di questa macchina proviene dallo sperone X che non preme egualmente la parte S F della leva perocchè la direzione secondo cui agisce cangia ad ogni punto della via che percorre, al pari della lunghezza della leva V S che va sempre crescendo. Per rettificare questa parte bisognerebbe che lo sperone X, invece di essere retto, avesse la figura di un'epicicloide, come insegnò De la Hire nel suo trattato su questo argomento.

985. Per produrre lo stesso effetto come nella macchina precedente, ma in modo molto più semplice, Morel suppone che si abbia una caduta d'acqua per far girare la ruota A; che il suo asse sia accompagnato da due mezze ruote dentate B, C situate dalla stessa parte, a tre piedi circa di distanza l' una dell' altra, per muovere le trombe, Tavola 3, figure 2. Perciò fa egli uso di due regoli che si suppongono strisciare negl' incastri D, E, per mantenerli a piombo, e sono dentati per l'altezza di 12 pollici, dalla parte che vedesi rappresentata: uno di questi regoli è caricato del peso F per far discendere lo stantuffo della tromba aspirante H; all' estremità dell' altra è attaccata una corda che passa su due carrucole e corrisponde al peso G, servendo ad innalzare lo stantuffo della tromba premente I; ciascuno di questi regoli è munito di una cavicchia per limitare il suo moto per l' incontro degl' incastri D E.

Quando la ruota A gira, si vede che la mezza ruota B deve far salire il regolo D ingranandolo fino all' ultima incavatura, e che appena se ne libera il peso F deve far discendere lo stantuffo. D'altronde il peso G tenendo il regolo L sollevato a conveniente altezza, quando la mezza ruota c incontrerà i denti di questo regolo, essa l'obbligherà a discendere per premere l'acqua dalla tromba I nel tubo ascendente K; quindi il peso G rialzerà di nuovo il regolo, e gli stantuffi aspireranno e premeranno alternativamente nello stesso modo che si è spiegato nell' art. 982.

Siccome la ruota B non eserciterà che una forza mediocre per aspirare l'acqua a 24 piedi d'altezza e sormontare la resistenza del peso F unito a quello dello stantuffo, ed al contrario farà duopo che la mezza ruota C agisca con una forza molto più grande sul regolo E per vincere nello stesso tempo la resistenza del peso G e quella della colonna d'acqua che lo stantuffo deve premere ad un' altezza di 50 piedi, succederà ancora che la ruota A girerà inegualmente. Del resto non avendo preteso di dare per modello le macchine precedenti, lascio alla discrezione di coloro che vorranno farne costruire il dedurne ciò che vi troveranno di utile, senza curarmi del giudizio che ne faranno; basta che m'abbiano dato luogo di accennare in qual modo si deve far l'analisi delle macchine eseguite, per mettersi in caso di rettificarle.

986. La tavola 4 contiene gli sviluppi di una macchina bellissima eseguita a Ninphenbourg dal conte di Wahl direttore delle fabbriche dell' Elettore di Baviera: lo scopo di essa è quello d' innalzar l' acqua a 60 piedi in un serbatojo per farla zampillare nel giardino elettorale.

L'acqua del canale fa girare una ruota il cui albero è munito di due manovelle A, che mettono capo a tiranti di ferro B, figure 1, 2 e 3, corrispondenti a bracci di leva D che fanno muovere due verricelli C, a ciascuno dei quali sono attaccati sui altaleni E che si distinguono particolarmente nella terza figura, e portano le aste F degli stantuffi di 12 corpi di tromba G divisi in quattro sistemi.

Ognuno di questi sistemi è rinchiuso in una cassa IK, figure 1, 2, 5 e 6, al cui fondo sono appoggiati i corpi di tromba fermati da viti sui due ascialloni H traforati, acciò l' acqua del canale che va nelle vasche mediante i tubi di condotta R possa introdursi nel corpo di tromba.

Le tre braccia L di cadaun sistema si riuniscono alle forchette O, che mettono capo ai tubi ascendenti P che conducono l' acqua al serbatojo;

e acciò le trombe che corrispondono a ciascuno di questi tubi sieno solidamente stabilite, si sono legate insieme con traverse N alle estremità delle quali vi sono fascie di ferro che abbracciano le trombe come se ne può giudicare dalla figura 4, che rappresenta una di queste trombe col suo braccio espresso più visibilmente che nelle altre.

L'acqua del canale Q che termina alla caduta, ha due piedi di profondità e due di velocità ogni secondo; e siccome in seguito essa scorre nella doccia lungo un piano inclinato T X, figura 6, la cui altezza T V è di 10 piedi, vedesi che per valutare la forza assoluta della corrente contro le palmette, bisogna, art. 574, cercare una media proporzionale fra S V ed S T, cioè fra 2 e 12, che si troverà circa 4 piedi 10 pollici ed 8 linee, corrispondenti nella prima tavola ad una velocità di 17 piedi 1 pollice e 6 linee: quindi la potenza assoluta potrà essere considerata come equivalente al peso di una colonna d'acqua avente per base la superficie di una delle palmette e per altezza 4 piedi, 10 pollici ed 8 linee (578).

Il diametro della ruota è di 24 piedi; le sue palmette hanno 5 piedi di lunghezza per uno di altezza, per conseguenza la potenza assoluta equivale ad un peso di libbre 1715.

Le manovelle hanno un piede di gomito e sono disposte in modo che quando una è orizzontale, l'altra è verticale, affichè non vi sieno mai che gli stantuffi di uno dei quattro sistemi che premano nello stesso tempo con una corsa di 2 piedi per l'azione di una potenza, la quale non è che la duodecima parte del peso delle tre colonne d'acqua sostenute da questi stantuffi, non essendo il gomito della manovella che il dodicesimo del raggio della ruota.

987. Il diametro dei corpi di tromba è di 10 piedi, e quello del braccio di 3; quindi il cerchio di quest' ultimo non sarà espresso che da 9, mentre quello degli stantuffi lo sarà da 100, difetto comune a tutte le trombe prementi e più considerevole qui che altrove, veduti i diversi gomiti che si sono fatti in queste braccia onde l'acqua non può salire senza incontrare vari ostacoli che si oppongono al suo passaggio, e che richiedono nella potenza un consumo di forza maggiore di quello che abbisognerebbe se le trombe fossero ben fatte; e siccome questo aumento di forza non può aver luogo senza che aumenti la velocità rispettiva della corrente, o quella della ruota diminuisca in proporzione, il prodotto della macchina deve essere molto al di sotto di ciò che dovrebbe essere naturalmente. Fatta astrazione da ciò, bisogna convenire che questa macchina è molto più semplice e ben intesa per cui merita di essere imitata in tutto od in parte quando si voglia innalzar l'acqua al di sopra del pianterreno (971).

Descrizione ed analisi di una macchina eseguita a Val-Saint-Pierre.

Ecco una nuova macchina per muovere le trombe prementi eseguite a Val-Saint-Pierre alla Certosa di Tierache distante due leghe da Vervins situata sopra un'eminenza, riguardo ad una parte delle campagne all'intorno. Dopo la sua fondazione, che è molto antica, non si avevano altri mezzi di avere acqua se non cavandola da un pozzo di estrema profondità, quando nel 1720 venuto alle mani di D. Fougeres allora Priore di tale ospizio il libro del cavaliere Morland, fu colpito dall'idea di quest' autore

circa le elissi ch'ei propone invece delle manovelle per far muovere trombe, e l'applicò ad una macchina mossa da un cavallo per innalzar l'acqua di una sorgente a 150 piedi d'altezza in un serbatojo d'onde poscia è distribuita a tutta la casa.

Lo spazio E F G H, figura 1, Tavola 5 e 6, rappresenta la pianta del recinto in cui è situata questa macchina; nel mezzo vi è un albero girante I posato verticalmente e che serve di asse ad una ruota dentata, come puossi vedere dalle figure 2 e 3 che non bisogna perdere di vista. Questa ruota dentata ingrana in una lanterna M, il cui asse K L infila 3 elissi N eguali e simili, fatti con tavoloni, nella cui circonferenza è incavato un canale simile alla gola di una carrucola. Queste elissi sono situate in guisa che se fossero applicate una su l'altra le estremità del loro asse maggiore, figura 11, formerebbero i sei vertici dell'esagono regolare A B C D E F.

In O vi è un palo alla cui sommità si sono praticate tre fenditure, figura 6, per passarvi altrettanti altaleni P S attraversati da una cavicchia che loro serve di asse comune e perchè conservino sempre la stessa direzione sono regolati dai telai T V, figure 2 e 5, attaccati ad una trave.

Una delle estremità di ciascun altaleno è abbracciata da due coscie S Q, che lasciano fra loro un vuoto per collocarvi delle rotelle R che girano nel canale delle elissi (figure 2 e 3); all'altra estremità X sono sospese le aste X Y degli stantuffi di tre corpi di tromba collocati in una picciola cavità che rinserra la sorgente (figure 4 e 5) ove sono abbracciati da forchette di ferro 7 ed 8 assicurate ai piediritti della volta. In quanto alle braccia 9 di questi corpi di tromba, mettono capo nel luogo 26 al tubo ascendente che attraversa uno dei piediritti della cavità e di là va lungo una salita di 200 piedi fino al serbatojo.

988. Per comprendere l'azione di questa macchina vedesi che avendo applicato un cavallo al bilancino 4, figura 1, ed attaccata la sua cavezza alla barra 5 e 6, che gli serve di guida, egli camminando fa girare la ruota dentata e la lanterna M e per conseguenza, gli elissi che danno moto ai bilici, per la differenza degli assi; perocchè quando l'asse maggiore è verticale, il centro delle rotelle trovasi ad un'altezza eguale *alla metà della differenza fra l'asse maggiore ed il minore*, mentre discende dalla stessa altezza quando quest'asse diviene orizzontale: vedesi che ciascuna rotella percorre la semicirconferenza di un'elissi salendo e discendendo; e che durante la sua rivoluzione intera, lo stantuffo del bilico aspira e preme l'acqua due volte, mentre le rotelle non abbandonano mai il canale in cui camminano, perocchè la parte O Q dei bilici, vince colla sua lunghezza, e col suo peso la resistenza corrispondente all'altra parte P O.

Si può dunque considerare ciascuna elissi come la riunione di quattro piani inclinati e curvilinei giranti intorno ad un punto fisso e concepire che ad ogni rivoluzione dell'asse K L un primo piano costringe il peso a salire dal piede alla sommità, che poi ne succede un secondo lungo il quale il peso discende per la sola azione di gravità; poi un terzo che lo fa salire come nel primo caso, poscia un quarto lungo cui discende.

989. Non trovandosi mai le tre elissi nella stessa situazione succede che mentre ascende una delle carrucole, due discendono, che poco dopo non ve n'ha se non una che discende e due che salgono; d'onde segue che gli stantuffi aspirano e premono l'acqua secondo le variazioni che s'incon-

trano nella manovella triangolare (115); tutta la differenza in questo caso sta negli stantuffi che aspirano e premono l'acqua sei volte ad ogni rivoluzione dell'asse K L, mentre in un giro della manovella non aspirano e premono se non tre volte; il cha dimostra che le elissi hanno la proprietà di raddoppiare la velocità degli stantuffi, posta ogni altra cosa eguale, il che non potrebbe produrre la manovella triangolare senza un doppio ingranaggio. Un altro vantaggio dell'elissi sta nel rendere molto più uniforme l'azione della potenza, perocchè gli angoli che qui formano gli assi non sono che di 60 gradi, cioè metà di quelli che nascono dai gomiti della manovella triangolare.

Non conoscendo macchina più semplice e comoda di questa per innalzare con poca spesa una grande quantità d'acqua a considerevole altezza, tanto pei bisogni della vita quanto per farla zampillare in un giardino, ne darò le dimensioni che più convengono, senza curarmi di quelle che sono state seguite nell'esecuzione di essa.

990. La ruota dentata ha 6 piedi di raggio dal centro fino alla circonferenza su cui sono collocati i denti. Le fenditure che debbono essere a doppia membratura posate una su l'altra, hanno 9 pollici di grossezza ed altrettanti di larghezza. I denti che sono 101, hanno 16 pollici di lunghezza, 4 di sporto e 12 di radice; 3 pollici e 6 linee di larghezza, 1 1/2 di grossezza al vertice e 2 1/2 alla base a motivo del tallone; la radice ha pollici 2 1/4 di spessore in quadro superiormente ridotta a pollice 1 1/2 alla base. In quanto all'albero girante, il suo diametro è di 18 pollici.

991. Perchè il cavallo girando possa passare comodamente sotto l'albero L K della lanterna, fa duopo che la sommità dei denti del rocchetto sia elevata 5 piedi 1/2 sopra il pianterreno. Il timone 2, 3 deve avere 14 piedi di lunghezza dal centro del rocchetto fino al punto ov'è attaccato il bilancino; e acciò il cavallo si possa muovere comodamente fa duopo che i tre lati E F, F G, E H sieno distanti 18 piedi dal centro della ruota dentata, mentre nella figura quest'intervallo non è che di 15, per errore commesso nella costruzione dell'edificio.

992. I fusi della lanterna sono 20, il loro diametro è 2 pollici e 6 linee e la circonferenza che corrisponde al loro asse ha 34 pollici di diametro, e quello dei dischi 44; sono fatti di panconi grossi 5 pollici, e l'albero che serve di asse alla lanterna ed agli elissi deve avere 16 pollici di diametro.

993. Se le elissi sono distanti 6 pollici l'una dall'altra e composte di tavoloni grossi 7 pollici, il loro canale ha 4 pollici di larghezza per 1 1/2 di profondità; quindi hanno due rialzi il cui sporto non fa parte della lunghezza degli assi e che devono essere misurati dal fondo del canale in cui gira una banda o fascia di ferro che serve a legare i tavoloni. L'asse maggiore di quest'elissi dev'essere di 5 piedi e il minore di 3; quindi la metà della differenza di questi due assi è di 12 pollici che è la via che le rotelle percorrono nel salire e nel discendere (988).

994. La lunghezza dei bilici presa dal centro delle rotelle sino al punto di sospensione degli stantuffi deve essere di 25 piedi per 5 a 9 pollici di riquadratura, posati in coltello; e il loro centro di moto va innalzato 9 piedi e 6 pollici sopra il pianterreno, onde ciascun bilico si trovi in una situazione orizzontale quando la sua rotella corrisponde all'asse maggiore dell'elissi.

Le rotelle che sono di legno debbono avere un piede di diametro per tre pollici di spessore ed essere fortificate da un cerchio di bronzo.

995. Il centro di moto dei bilici dev'essere distante 15 piedi da quello delle rotelle, affinchè la parte che corrisponde agli stantuffi essendo i due terzi dell'altra, le alzate degli stantuffi sieno di 8 pollici, cioè due terzi del cammino delle rotelle.

996. I corpi di tromba hanno interiormente pollici 2 1/2 di diametro per 12 di altezza, figura 7 e 8. La loro figura esterna è composta di quattro faccie ciascheduna di 3 pollici e 2 linee di larghezza: sono unite inferiormente da un bacinetto 18 traforato acciò l'acqua aspirata dagli stantuffi non trascini feccia, e tra questo ed il corpo di tromba si trova compresa la linguetta di una valvola a conchiglia sviluppata dalle figure 11, 12, 13, 14 e 15 alle quali punto non mi arresto essendo state bastantemente spiegate all'art. 961. Si osserverà soltanto che i numeri i quali accompagnano queste figure, non servono che a far vedere la corrispondenza delle parti simili.

997. In una delle faccie del corpo di tromba, figura 8, vedesi l'orifizio 19 che corrisponde al braccio rappresentato dalla figura 7, osservando che ciascono di questi bracci, di un solo pollice di diametro interno, comprende una valvola nella parte 20 e 21 simile alla precedente collocata fra le labbra 21 e 22 per ritener l'acqua del tubo ascendente, nel tempo che lo stantuffo aspira.

Gli stantuffi, figure 9 e 10, sono cilindri di ghisa con una corda 27 dello stesso metallo attaccata ad una doppia forchetta 29, che abbraccia anche l'asse 28, la quale non è altro che un capo di trave di 4 pollici di squadratura e di altezza proporzionata alla situazione della sorgente. Il corpo di questi stantuffi è composto di due parti, una 30, 31, ha 8 pollici di altezza sopra 2 pollici e 5 linee di diametro, l'altra 32 e 33 ha 4 pollici di altezza per 15 linee di diametro; alla sua estremità vi è una vite che si accomoda in un dado 34, 35 che serve a ritenere e rinserrare un numero di rotelle di rame 27 e 28 come nell'art. 957.

998. Circa l'azione dello stantuffo vedesi bene che quando aspira, il peso dell'atmosfera che qui agisce totalmente costringe l'acqua ad urtare nei corpi di tromba, aprendo la valvola che è nel fondo, e che mentre preme, questa valvola chiudendosi l'acqua passa nel braccio, alza la seconda valvola e ascende nel tubo di condotta.

999. Le braccia dei corpi di tromba non avendo che un pollice di diametro, mentre quello degli stantuffi è di 2 1/2 (996 e 997), vedesi che l'acqua è costretta a passare in un tubo la cui grossezza non è che la sesta parte di quella dello stantuffo, e che le valvole corrispondenti al tubo ascendente, essendo a conchiglia, il cavallo che fa agiro la macchina impiega una parte della propria forza a superare gli ostacoli che l'acqua incontra nel suo cammino che è lo stesso caso dell'art. 987, al quale non mi arresto attualmente perchè nel Capo quinto si troverà il modo di evitarlo.

1000. Per calcolare il prodotto di questa macchina sappiasi che il cavallo che la muove fa due giri ogni minuto, per conseguenza 120 ogni ora, e che ad ogni giro percorre 14 tese e 4 piedi; quindi la sua velocità è 1760 tese ogni ora se si avvicina molto a quella che si suole attribuirle.

La ruota dentata avendo 101 denti (990) e la lanterna 20 fusi (992), essa farà giri $5\frac{1}{20}$ mentre la ruota dentata ne fa uno; e siccome quest' ultima ne fa 120 ogni ora, ne segue che la lanterna ne farà 606 nello stesso tempo; e siccome ciascun stantuffo preme due volte ad ogni giro della lanterna (988), così i tre stantuffi faranno 3636 alzate ogni ora.

Gli stantuffi avendo pollici 2 1/2 di diametro, ed 8 pollici di alzata (995) ciascuno premendo una volta, farà passar nel tubo di condotta una colonna d'acqua di pollici cubici 39 2/7, che essendo moltiplicata per 3636, dà 142843 pollici cubici o alquanto più di 10 moggia per la quantità d'acqua che la macchina fornisce ogni ora ad un' altezza di 150 piedi; su la qual cosa si osserverà che lo stesso cavallo lavora ordinariamente quattro ore alla mattina e quattro ore dopo il meriggio. Asciugato il serbatojo e messa in azione la macchina per quattr' ore, ho misurato l' acqua che vi si era introdotta, per vedere se il prodotto era conforme al mio calcolo ed ho trovato che vi erano stati elevati 324 piedi cubici, o 40 moggia e mezzo.

1001. Quando si vorrà costruire questa macchina per innalzar l' acqua al di sopra o al di sotto di 150 piedi, bisognerà diminuire il cerchio degli stantuffi a misura che si vorrà innalzar l'acqua a maggiore altezza; altrimenti se si desse lo stesso diametro che a Val-Saint-Pierre potrebbe succedere che la forza di un cavallo non bastasse per far agire la macchina. Al contrario se si vuole innalzar l' acqua a minore altezza bisognerà aumentare in proporzione il restante degli stantuffi, altrimenti il cavallo avendo sempre presso a poco una velocità di 1800 tese ogni ora, non farà salire una quantità d' acqua proporzionata alla forza media. Per determinare la grossezza dei corpi di tromba nell' uno o nell' altro di questi casi circa l' effetto attuale di questa macchina, ecco una regola generale che do principalmente a soddisfazione di quelli che non hanno che mediocre cognizione di matematica.

Il diametro degli stantuffi essendo di 2 pollici e 6 linee (996) il suo quadrato sarà di 6 pollici e 1/4, che moltiplicato per 150 piedi, dà 937 1/2 che si può prendere per la colonna d' acqua premuta da ogni stantuffo; ma siccome il diametro degli stessi stantuffi potrebbe essere un poco più grande, se le trombe di questa macchina non avesse i difetti che abbiamo osservato (999), il prodotto precedente sarebbe pure più grande; perciò supponendole perfette, si potrà prendere 1000 per l'espressione della colonna d' acqua, in luogo di 937 1/2, il qual valore sarà ancora minore di ciò che potrebbe essere.

1002. Quando si volesse costruire la macchina di Val-Saint-Pierre seguendo esattamente le dimensioni da noi date alla ruota dentata, alla lanterna, alle elissi ed ai bilici, per trovare il diametro dei tre corpi di tromba bisognerà dividere il numero 1000 per la quantità di piedi che esprime l' altezza a cui si vuole innalzar l' acqua, estrarre la radice quadrata del quoziente, e questa darà il diametro che si cerca: per esempio se si volesse innalzar l' acqua a 60 piedi, bisognerà dividere 1000 per 60; il quoziente darà 16 2/3 pel quadrato del diametro, la cui radice è 4 pollici ed una linea.

1003. Per conoscere la quantità d'acqua che somministrerebbe ogni tromba in un'ora, supponendo sempre i loro stantuffi di 6 pollici d'alzata, si dirà

se 6 1/4 quadrato del diametro degli stantuffi di Val-Saint-Pierre dà 10 moggia d'acqua pel prodotto della macchina ogni ora, quale sarà il prodotto corrispondente 16 2/3, quadrato del diametro dei nuovi stantuffi? si otterranno moggia 26 2/3.

Se il terreno non permettesse di collocare i corpi di tromba nell'acqua come a Val-Saint-Pierre, si potrà situarli di sopra all'altezza che si giudicherà più opportuna, facendovi dei tubi d'aspirazione, per potere innalzar l'acqua da un ruscello o da un fiume; allora si farà in modo di dividere il numero 1000 non per l'altezza del serbatojo, al di sopra del luogo ove saranno collocate le trombe, ma bensì per l'altezza che indicherà l'altezza di questo serbatojo al di sopra del livello delle acque più basse.

1004. Se si avesse qualche ragione per far delle trombe i cui stantuffi premessero dal basso all'alto piuttosto che al contrario, si potrebbe tuttavia far uso delle elissi per dar moto ai bilici, facendo in guisa che prendano le rotelle al di sopra invece di prenderle al di sotto; in questo caso bisognerà che il cavallo giri in direzione opposta a quella in cui lo abbiamo considerato, e che la ruota dentata, l'asse della lanterna e i bilici sieno collocati a conveniente altezza acciò non incontrino ostacoli nel loro cammino; al che fa duopo pensare seriamente prima di commettere i pezzi della macchina.

Di tutte le macchine che io conosco nessuna è più difficile da calcolare di quella che ho descritto, parocchè non si può giugnere a determinare il rapporto della potenza al peso se non col soccorso di una teorica molto sottile, la quale poichè non potrebbe essere intesa che da poche persone, così mi appagherò di dedurre alcune regole di pratica di cui si troverà l'origine nelle ricerche da me fatte circa le elissi che girano sul proprio centro per innalzare un peso, che do in un separato discorso, sembrandomi questo degno della curiosità dei dotti.

1005. Per poca attenzione che vi si presti, vedrassi che quando un'elissi girando sul proprio centro innalza un peso, il braccio di leva ad esso corrispondente varia di continuo, cioè passa dal più picciolo al più grande e poscia dal più grande al più picciolo (1018): ora bisogna sapere *che il maggiore si trova eguale alla differenza dei due semiassi dell'elisse* (1024) e che è quello che deve entrare nel calcolo della macchina allorchè è mossa da un animale, la cui forza essendo considerata limitata, non deve essere inferiore alle massima resistenza che il peso può opporre; e invece quando è mossa da una corrente, si può prendere un braccio di leva medio, secondo ciò che si è detto parlando della manovella semplice (109); per conseguenza il braccio di leva che deve seguire immediatamente il raggio della lanterna, in questo caso è di 12 pollici (993).

1006. Siccome l'elissi nel girare spinge la rotella secondo una direzione obliqua, onde l'azione del peso è composta di quella della propria gravità e della resistenza orizzontale che nasce dall'asse dei bilici (1018), perciò si saprà che *la gravità assoluta del peso che l'elissi deve superare sta alla sua maggior resistenza, come il prodotto di questi due assi sta alla differenza dei quadrati degli stessi assi*, cioè (993) come 5×3 a $5 \times 5 - 3 \times 3$, ovvero come 15 a 16 (1026).

1007. Per ben comprendere ciò che voglio far conoscere, bisogna immagi-

nare che la resistenza che oppone la rotella di un bilico fa le veci di un peso posto sopra un piano inclinato ritenuto da una direzione paralella alla sua base; allora secondo l' art. 83, *la potenza che volesse elevare il peso spingendo il piano, starà a questo peso come l' altezza del piano sta alla sua base:* ora se l' altezza del piano fosse espressa da 16, e la sua base da 15, la potenza lo sarebbe da $\frac{16}{15}$ del peso; ed ecco il caso in cui si può considerare l'elissi quando agisce col suo maggior braccio di leva (1005), e che il peso le offre la maggiore resistenza; quindi chiamando x la resistenza che opporrebbe ciascun stantuffo se la rotella del suo bilico fosse spinta all'insù in direzione verticale, si avrà $\frac{16}{15}x$ per quella che deve vincere l' elissi, quando agisca con un braccio di leva di 12 pollici.

1008. Se si avessero tre elissi i cui assi maggiori fossero paralelli e facessero agire nello stesso tempo tre stantuffi dello stesso diametro, la resistenza che proverebbe la potenza motrice nell' istante in cui gli elissi agirebbero coi loro più grandi bracci di leva, sarebbe tripla di quella che corrisponde ad una sola; ma siccome le tre elissi della nostra macchina sono disposte in modo che mentre la prima agisce col suo maggior braccio di leva, quello della seconda corrispondente allo stantuffo che preme nello stesso tempo non è che la metà del più grande, vedesi che questa potenza non sostiene allora che *la metà della resistenza dei tre stantuffi precedenti:* per conseguenza si avrà $3/2 \times \frac{16}{15}x$ ovvero $8/5\ x$ per l'espressione del peso che la macchina deve movere.

1009. Prima di cominciare il calcolo della macchina farò osservare che gli attriti del palo del rocchetto, dei perni della lanterna e dell' asse dei bilici essendo poca cosa, li considereremo come nulli per semplificare le operazioni; quindi non avremo riguardo se non a quello che nasce dall'incontro dei denti della ruota dentata e dei fusi della lanterna, e perciò moltiplicheremo 180 libb., forza media di un cavallo (124) per $\frac{18}{19}$ secondo l'art. 291, il cui prodotto dà 170 libbre per la potenza ridotta.

1010. Siccome fra la potenza ed il peso vi sono 6 braccia di leva cioè, il timone di 14 piedi (991) o di 168 pollici, il raggio della ruota dentata di 6 piedi (990) ovvero 72 pollici; il raggio della lanterna di 17 pollici (992), il maggior braccio di leva dell'elissi di 12 pollici (1005): quello che proviene dal bilico corrispondendo alla rotella che esprimeremo pel numero 3, e l' ultimo che corrisponde allo stantuffo che potrà essere espresso da 2, mentre non è che 2/3 del precedente (995): moltiplicando ordinatamente quelli che corrispondono al peso e quelli che corrispondono alla potenza, secondo l' articolo 74, si avrà nello stato d' equilibrio 170 libbre: $8/5\ x :: 72 \times 12 \times 2 : 168 \times 17 \times 3$, d'onde si deduce $2765 \times x = 1456560$, ovvero $x = \frac{1456560}{2765} = 526$ lib., il cui risultamento dimostra che ciascun stantuffo potrà premere una colonna d'acqua del peso di 526 libbre.

1011. Per conoscere il diametro degli stantuffi bisogna ridurre in pollici la colonna precedente, dicendo: se libbre 70, peso di un piede cubico di acqua danno 1728 pollici, quanti ne daranno libbre 526? si troveranno

12984 pollici cubici per la massa di questa colonna che bisogna dividere per l'altezza della colonna stessa che abbiamo detto essere di 150 piedi, o di 1800 pollici; e si avranno circa pollici quadrati 7 1/2 per la superficie del cerchio dello stantuffo, di cui si avrà il diametro estraendo la radice quadrata di $\frac{14}{11} \times 7\ 1/2 = 9\frac{6}{11}$, che si troverà di 3 pollici ed una linea circa, il che dimostra che la macchina di Val-San-Pierre non dà tutto l'effetto che se ne potrebbe attendere, per la cattiva costruzione delle trombe, le quali come ho già osservato (999) fanno sì che la forza del cavallo non è totalmente impiegata a sormontare il peso dell'acqua.

1012. Per giudicarne fa d'uopo (996) ricordarsi che gli stantuffi di questa macchina non avendo che 2 pollici e 6 linee di diametro, il loro quadrato sarà pollici 6 1/4; e siccome potrebbero essere di $9\frac{6}{11}$, si conoscerà l'effetto di quest'ultimo dicendo: Se 6 1/4 dà 10 moggia ogni ora, quante ne danno $9\frac{6}{11}$? si troveranno 15 moggia e $\frac{3}{11}$ pel prodotto di cui sarebbe capace questa macchina se fosse rettificata.

1013. Abbiamo detto che la resistenza assoluta della girella di uno dei bilici sta alla sua massima resistenza relativa, come il prodotto dei due assi di un elissi sta alla differenza dei quadrati degli assi stessi; per conseguenza se questa differenza fosse eguale al prodotto degli assi, l'elissi girando non avrebbe mai a superare una resistenza maggiore di quella che la rotella può opporre naturalmente, e basterebbe nel calcolo della macchina, di aver semplicemente riguardo al maggior braccio di leva relativo all'elissi (1005); deve adunque esistere un rapporto determinato fra questi due assi acciò la resistenza del peso non ecceda mai la propria gravità.

1014. Per iscoprire questo rapporto supporremo che essendo dato l'asse maggiore AB, Tavola 5, fig. 12, si tratti di trovare il minore CD in guisa che si abbia $AE \times ED = \overline{AE}^2 - \overline{ED}^2$. Fatta $AE = a$; $ED = x$, si avrà $ax = a^2 - x^2$; ovvero $x^2 + ax = a^2$, che ridotta dà $x = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} - \frac{a}{2}$, di cui ecco la costruzione.

Su l'estremità A dell'asse maggiore AB fa duopo innalzare la perpendicolare AF, eguale alla metà del semiasse AE, condurre la linea EF, da cui sottratta $FH = AF$, la differenza $EH = x$ darà il semiasse ED che si cerca, come è facile riconoscere.

1015. Se si fa $EG = EH$ ovvero ED, il semiasse AE si troverà diviso in media ed estrema ragione al punto G; perocchè EG essendo x, GA sarà $a - x$; e siccome per la proprietà di quest' elissi si ha $ax = a^2 - x^2$, o trasportando $x^2 = a^2 - ax$, d'onde si deduce $a = AE : x = EG :: x = EG : a - x = GA$ vedesi che *per avere un elissi nella quale il prodotto dei due assi sia eguale alla differenza dei quadrati degli assi stessi, fa duopo che l'asse minore sia eguale il ragguagliato del maggiore diviso nella media ed estrema ragione.*

1016. Se si volesse che gli elissi della macchina di Val-Saint-Pierre fossero nel caso della precedente, dando ancora 5 piedi, o 60 pollici all'asse maggiore, bisognerebbe darne 37 al minore invece di 36; allora la diffe-

renza dei semiassi, e per conseguenza il maggior braccio di leva ed il cammino della rotella si troverebbero di 11 pollici e 6 linee, perocchè se nell'equazione $x = \sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}} - \frac{a}{2}$, si suppone $a = 30$ pollici, x ne valerà 18 1/2 che dà una differenza di 6 linee, a cui non abbiamo avuto riguardo per semplificare le dimensioni, altrimenti se il cammino della rotella non si trovasse che di 11 pollici 1/2, mentre l'azione degli stantuffi fosse di 8, bisognerebbe che le braccia del bilico fossero nel rapporto di 23 a 16, mentre sono come 3 : 2 (995); aggiugnerò che indipendentemente da tale considerazione era utile mostrare il modo di calcolare l'azione degli elissi, qualunque possa essere il rapporto del loro diametro.

1017. Se la differenza degli assi, o la corsa della rotella, che chiameremo b, fosse data, e si volesse conoscere la grandezza degli assi stessi onde l'elissi sia nel caso più vantaggioso; chiamando x il semiasse minore, si avrà $b + x$ per il maggiore, e per conseguenza $b + x : x :: x : b$, d'onde $b^2 = x - bx$, che essendo ridotta dà $\sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} + \frac{b}{2} = x$.

Volendo applicare quest'equazione ad un esempio, supporremo che si vogliano determinare gli assi della elissi della macchina di Val-Saint-Pierre, di modo che il cammino della rotella sia di 12 pollici; allora si avrà $b^2 + \frac{b^2}{4} = 180$, la cui radice quadrata è di 13 pollici e 5 linee a cu aggiugnendo 6, valore di $\frac{b}{2}$, si hanno 19 pollici e 5 linee per il semiasse minore; e 31 pollici e 5 linee per il maggiore. Che se si adottano tali dimensioni, la frazione $\frac{16}{15}$ divenendo nulla nel calcolo della macchina, si avrà $\frac{3x}{2}$ invece di $\frac{8x}{5}$ (1008); e se si danno ancora 3 pollici al diametro degli stantuffi la potenza supererà di circa un dodicesimo il peso e quest'aumento servirà a vincere la resistenza che può opporre il peso, relativo dei bilici che sostengono gli elissi e che noi non abbiamo introdotto nel calcolo della macchina, avendola considerata come un oggetto troppo picciolo; aggiugnerò soltanto che il peso di questa parte dei bilici unito al vantaggio che trae dalla sua lunghezza dev'essere talmente economizzato, che le rotelle non abbandonino mai gli elissi acciò l'aspirazione degli stantuffi succeda naturalmente.

Ricerche sopra un elissi che girando sul proprio centro innalza un peso.

1018. Avendo un'elissi BCIS Tav. 5 fig. 13 mossa verticalmente intorno al suo centro A dall'azione di una potenza Q applicata ad un braccio di leva costante AT per innalzare un peso P rappresentato del cerchio DM, il cui centro D è supposto mantenersi nella verticale AD, e sostenuto da una potenza la cui direzione DZ non esce giammai dall'orizzontale, si domanda un'espressione della potenza Q in tutte le situazioni dell'elissi, particolarmente in quella ove questa potenza avrà da sostenere la massima resistenza che il peso potrà opporvi.

Supponendo che il punto M sia quello in cui il peso P tocca l'elissi, conducendo la linea DMG, essa indicherà la direzione dello sforzo

che sostiene l'elissi nel punto M; che se dallo stesso punto si abbassa su la verticale DA la perpendicolare MO, prendendo DO per esprimere la gravità assoluta del peso P, il raggio DM che chiameremo R esprimera lo sforzo che sostiene l'elissi; e se dal centro A si abbassa la linea AF perpendicolare a DC, sarà essa il braccio di leva relativo a questo sforzo; quindi nella condizione d'equilibrio si avrà Q : R :: AF : AT; trattasi dunque di trovare l'espressione di AF e quella della forza R.

Condotta dal punto M l'ordinata MP all'asse maggiore AB dell'elissi e formato il triangolo differenziale MmR che servirà ad ottenere l'espressione di ME e di EP, faremo $AB = a$; $AC = b$, $DM = r$; $DF = f$; $AF = z$; $AP = x$; $PM = y$; $MR = dy$; $Rm = dx$; ed $Mm = du$.

1019. Siccome la proprietà dell'elissi dà $y^2 = b^2 - \frac{b^2}{a^2}x^2$, ovvero $y = \frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2}$, si avrà $dy = -\frac{bxdx}{a\sqrt{a^2 - x^2}}$, e $du = \sqrt{dx^2 + dy^2}$ $= \frac{dx}{a}\frac{\sqrt{a^4 - a^2x^2 + b^2x^2}}{a^2 - x^2} = \frac{dx}{a}\frac{\sqrt{a^4 - c^2x^2}}{a^2 - x^2}$, supponendo $a^2 - b^2 = c^2$.

1020. Dai triangoli simili MRm, MPE, si deduce $Rm = dx$: $MR = \frac{bxdx}{a\sqrt{a^2 - x^2}}$ :: $MP = \frac{b}{a}\sqrt{a^2 - x^2}$: $EP = \frac{b^2x}{a^2}$; d'altronde $Rm = dx$: $Mm = \frac{dx}{a}\frac{\sqrt{(a^4 - a^2x^2)}}{a^2 - x^2}$ :: $MP = \frac{b}{a}\sqrt{(a^2 - x^2)}$: $ME = \frac{b}{a^2}\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}$; quindi $AP - EP = AE = \frac{a^2x - b^2x}{a^2} = \frac{c^2x}{a^2}$.

1021. Dai triangoli simili MPE, AFE si deduce pure $EM = \frac{b\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}}{a^2}$: $MP = \frac{b}{a}(a^2 - x^2)$ :: $AE = \frac{c^2x}{a^2}$ :: $AF = z = \frac{c^2x}{a}\frac{\sqrt{(a^2 - x^2)}}{\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}}$, ed $EM = \frac{b}{a^2}\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}$: $EP = \frac{b^2x}{a^2}$ :: $AE = \frac{c^2x}{a^2}$: $EF = \frac{bc^2x^2}{a^2\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}}$; quindi si avrà $DF = DM = r$ $+ ME = \frac{b}{a^2}\sqrt{(a^4 - c^2x^2)} + EF \frac{bc^4x^2}{a^2\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}} = r + \frac{a^2b}{\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}}$: ciò posto, dal triangolo rettangolo DFA si deduce l'equazione seguente $AD = \sqrt{(z^2 + f^2)}$ $= \frac{\sqrt{(a^2r^2(a^4 - c^2x^2) + 2a^4br\sqrt{(a^4 - c^2x^2)} + a^6b^2 + c^4x^2(a^2 - x^2))}}{a\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}}$, la quale annunzia che il valore di Q sarà composto tanto da non poterne far nulla come vedrassi, trovata che avremo l'espressione di R.

1022. Si consideri che si ha $DF = f$: $DA = \sqrt{z^2 + f^2}$ :: DO : DM :: P : $R = P \times \frac{\sqrt{z^2 + f^2}}{f}$, e che si può anche trovare un valore di Q con questa nuova proporzione $AT = b$: $AF = z$ :: R : $Q = \frac{Rz}{b} = P \times \frac{z\sqrt{(z^2 + f^2)}}{bf}$, d'onde si deduce

$$Q = P \times \frac{c^2x\sqrt{(a^2 - x_2)}\sqrt{(a^2r^2 \times a^4c^2x^2 + 2a_4br\sqrt{(a_4 - c^2x^2)} + a^6b^2 + c^4x^2(a^2 - x^2))}}{ab\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}ar\sqrt{(a_4 - c^2x^2)} + a^3b}.$$

1023. Benchè siasi ridotto il valore della potenza Q alla più semplice

espressione, essa è ancora così complicata che non mi sembra possibile determinarla nel caso che abbia il maggiore sforzo da sostenere a cagione delle insuperabili difficoltà che somministra la prolissità del calcolo. Avendo tentato varie strade diverse che non mi sono riuscite meglio della precedente, ho preso il partito di supporre che il punto di contatto M del peso e dell' elissi fosse sempre nella verticale A D; questa ipotesi è sì poco distante da ciò che realmente succede in pratica con questa specie di elissi, che tutto ciò che si dedurrà potrà essere considerato come vero; quindi non considerando più che la figura 14.ª prenderemo la linea M G perpendicolare alla lunghezza M N per la direzione secondo la quale il peso P resiste all' elissi; per conseguenza la perpendicolare A F sarà il braccio di leva relativo a questo sforzo (1018).

1024. Richiamando che si è trovato all'articolo 1021, $AF = \frac{c^2 x \sqrt{(a^2 - x^2)}}{a\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}}$, prendendo il differenziale di quest' espressione per cercarne il massimo si avrà $\frac{(a^2 - 2x^2)\sqrt{(a^4 - c^2x^2)}dx}{\sqrt{(a^2 - x^2)}} + \frac{c^2 x^2 \sqrt{(a^2 - x^2)}\, dx}{\sqrt{(a^4 - c_2 x_2)}} = 0$, d' onde si deduce $x - \frac{2a^4}{c^2} x^2 + \frac{a^6}{c^2} = 0$, per conseguenza $x^2 = \frac{a^4}{c^2} \pm \sqrt{\frac{a^8}{c^4} - \frac{a^6}{c^2}}$, ovvero $x^2 = \frac{a^4}{c^2} \pm \frac{a^3}{c^2}\sqrt{a^2 - c^2}$; e siccome si ha $a^2 - b^2 = c^2$ (1019), d' onde si deduce $a^2 - c^2 = b^2$, per conseguenza $\sqrt{(a^2 - c^2)} = b$, si avrà $x^2 = \frac{a^4 \pm a^3 b}{c^2}$; ma siccome nella scelta dei segni + e — si riconosce facilmente che è d' uopo determinarsi pel —, si avrà dunque $x = \frac{c^2}{a} \times \sqrt{a^2 - ab}$, che sostituito in $\frac{c^2 x \sqrt{(a^2 - x^2)}}{a\sqrt{(a_4 - c_2 x^2)}}$, espressione di AF, dà

$$AF = \frac{c^2}{a} \times \frac{\frac{a}{c}\sqrt{(a^2 - ab)}\sqrt{\left(a^2 - \frac{a^4 + a^3 b}{c^2}\right)}}{\sqrt{(a_4 - a^4 + a^3 b)}}, \text{ ovvero } AF = \frac{\sqrt{a^2 - ab} \times \sqrt{ab - b^2}}{\sqrt{ab}}$$

ovvero $\overline{AF}^2 = \frac{(a^2 - ab)\,(ab - b_2)}{ab} = a^2 - 2ab + b^2$, la cui radice dà $AF = a - b$, la quale dimostra che *il maggior valore che può avere* A F *è eguale alla differenza dei semiassi* A B *ed* A C.

1025. Per conoscere la maggior resistenza che può opporre il peso P al moto dell' elissi, supporremo che la tangente M N rappresenti un piano inclinato M L N spinto innanzi secondo una direzione orizzontale L M, da una potenza che ha per oggetto l'innalzamento di un peso P; secondo quest' idea, la gravità assoluta del peso starà alla potenza, come la base M L del piano sta alla sua altezza L N, o come M F sta ad F A, perocchè gli angoli N M L, A M F sono egoali, o come il seno totale sta alla tangente dell' angolo A M F; quindi allorchè la tangente di quest' angolo sarà la maggiore possibile, il peso opporrà all' elissi la maggior resistenza.

Chiamando r il seno totale, e t la tangente dell' angolo A M F, si avrà

M.F $\frac{a^2b}{\sqrt{(a^4-c^2x^2)}}$: A F $\frac{c^2x\sqrt{(a^2-x^2)}}{a\sqrt{(a^4-c^2x^2)}}$ :: $r : t = \frac{c^2r}{a^3b}\, x\sqrt{(a^2-x^2)}$, prendendo adunque il differenziale di $\frac{c^2r}{a^3b}\, x\sqrt{(a^2-x^2)}$ per eguagliarlo a zero, si troverà che il maggiore dà $x = \frac{\sqrt{a^2}}{2}$, *la quale espressione dimostra che quando* AP *ha questo valore, il peso oppone all' elissi la massima resistenza.*

1026. Sostituendo il valore di x in $t = \frac{c^2r}{a^3b}\, x\sqrt{(a^2-x^2)}$, diverrà $t = \frac{c^2r}{ab}$ ovvero $\frac{r}{t} = \frac{ab}{c^2}$, il che dimostra *che la gravità assoluta del peso sta alla maggior resistenza che può opporre al moto del piano inclinato dell'elissi, come il rettangolo compreso dai due assi, sta alla differenza dei quadrati degli assi stessi.*

1027. L'angolo ottuso A M N essendo composto dell'angolo retto F M N, e dell'angolo acuto A M F, si vede che quando quest'ultimo sarà maggiore di tutti quelli che possono essere compresi dal diametro A M e dalla linea M F, perpendicolare al punto di contatto della tangente, l'angolo ottuso A M N sarà il maggiore di tutti quelli che possono essere formati dalla tangente e dal diametro; *il che succederà quando il seno totale starà alla tangente dell'angolo acuto* A M F, *come il rettangolo dei due assi sta alla differenza dei quadrati degli assi stessi.*

1028. Sostituendo anche il valore di x, che è $\frac{\sqrt{a^2}}{2}$ (1025) in M D $= y +$ $= \frac{b}{a}\sqrt{(a^2-x^2)}$, si avrà MP $= y + = \frac{\sqrt{b^2}}{2}$, per conseguenza si avrà A P : P M :: $a : b$, il che dimostra che *quando l' angolo* A M N *è il massimo, i triangoli* C A B, A P M *sono simili.*

Supponendo che la linea A K sia orizzontale e che dal punto P si abbassi la perpendicolare B H, i triangoli B A H, C A B saranno simili, poichè tutti e due lo sono al terzo A M P, d'onde si deduce AH : BH :: PM : AP :: $b : a$, per conseguenza $b : a$ :: A H : H B, il che dimostra, che *quando l' elissi sostiene la resistenza maggiore che il peso le può opporre l' asse minore sta al maggiore come il seno totale* A H *sta alla tangente* H B *dell'angolo* B A H, *fatto dall' asse maggiore con l' orizzonte.*

1029. Chiamando T la tangente dell'angolo B A H, ed r il seno dell'angolo totale, si avrà $r : T :: b : a$, per conseguenza $T = \frac{ar}{b}$; e siccome abbiamo trovato nell'art. 1026, $t = \frac{c^2r}{ab}$ per la tangente dell'angolo A M F, si avrà dunque $T : t :: \frac{ar}{b} : \frac{c^2r}{ab}$; ovvero $T : t :: \frac{a^2r}{ab} : \frac{c^2r}{ab} :: a^2 : c^2$; il che fa vedere che *quando l' elissi prova la massima resistenza del peso, la tangente dell' angolo che l' asse maggiore fa con l'orizzonte, sta all'angolo che forma la tangente dell' elissi come il quadrato dell' asse maggiore sta alla differenza dello stesso quadrato a quello del minore.*

Non mi trattengo a riferire molte altre conseguenze circa gli elissi che girano sul loro centro, perchè si presentano da sè stesse; ma non tacerò la soluzione di un problema che potrebbe inceppare il principiante se fosse considerato separato dal rapporto che ha con ciò che precede.

1030. Si cerca di trovare nella circonferenza di un' elissi un punto M sul quale avendo abbassata una perpendicolare M G, che forma un angolo retto M F A, con un' altra linea A F condotta dal centro A dell' elissi, il prodotto di M F per A F sia il massimo di tutti quelli che possono essere formati con due linee condotte alle stesse condizioni.

Avendo trovato (1021) $MF = \frac{a^2 b}{\sqrt{a^4 - c^2 x}}$ ed $AF = \frac{c^2 x}{a} \times \sqrt{\left(\frac{a^2 - x^2}{a^4 - c^2 x^2}\right)}$,

si avrà $\frac{a^2 b}{\sqrt{a^4 - c^2 x^2}} \times \frac{c^2 x}{a} \frac{\sqrt{(a^2 - x^2)}}{\sqrt{(a^4 - c^2 x^2)}} = \frac{abc^2 \sqrt{(a^2 x^2 - x^4)}}{a^4 - c^2 x^2}$, la cui differenziale dà, fatta ogni riduzione $\frac{a^4}{2a^2 - c^2} = x^2$, ovvaro $\frac{a^2}{\sqrt{(a^2 + b^2)}} = x$. Che se si sostituisce il valore di x^2 in $y = \frac{b}{a} \sqrt{(a^2 - x^2)}$, si troverà $\frac{b^2}{\sqrt{a^2 + b^2}} = y$, che dà $AP = x^2 : PM = y :: a^2 : b^2$, quando il prodotto di M F per A F è il più grande.

Conducendo la linea C I ed abbassando dal centro A su questa linea la perpendicolare AV, si avrà pel triangolo rettangolo C A I questa proporzione $CI \sqrt{(a^2 + b^2)} : AI = a :: AI = a : IV = \frac{a^2}{\sqrt{(a^2 + b^2)}} = x$; d' altronde $CI \sqrt{(a^2 + b^2)} : CA = b :: CA = b : CV = \frac{b^2}{\sqrt{(a^2 + b^2)}} = y$; il che dimostra che *quando il rettangolo di* MF *per* F A *è il massimo, si ha* C I = A P + P M, *e che per avere il punto* M *basta fare* A P *eguale al segmento* V I, *corrispondente alla metà* IA *dell' asse maggiore nel triangolo rettangolo* C A I.

Modo semplicissimo di far muovere gli stantuffi mediante una ruota ondulata.

Fra i varj mezzi di far agire le trombe prementi colla forza di un cavallo, non ne conosco di più semplice di quello che Argues ha ottenuto con una ruota che fece eseguire al castello di Beaulieu distante 8 leghe da Parigi e che poi è stato rinnovato da De la Hire che ne dà la descrizione nel suo trattato delle epicicloidi, col mezzo di perfezionarle: siccome ciò che ne dice quest' autore mi ha fatto nascere qualche utile osservazione, riferirò letteralmente il suo discorso, onde chi non ha questo trattato, possa vedere i punti che diedero luogo alle mie osservazioni.

» L M O I, Fig. 1 Tav. 7, è una grande ruota fatta di grossi pezzi di » legno commessi gli uni con gli altri, la quale è situata orizzontalmente. » L' asse o l'albero A B di questa ruota è un grosso pezzo di legno che si » muove sul suo perno P in una ralla essendo soltanto trattenuto al di » sopra in un asciallone affinchè rimanga sempre a piombo. Questa ruota » è dentata o ondeggiata sul contorno a guisa della ruota d' incontro de» gli orologj comuni, e non vi sono che cinque denti come O I che agi» scono passando sopra la rotella R S mobile sul proprio asse C. Que» st' asse aderisce al braccio D C che è mobile anch' esso intorno al suo » asse D, fermato a qualche armatura. Il braccio D C è congiunto ed » attaccato alla parte di cerchio D E F in guisa che non possa muo-

» versi uno senza l'altro. Su lo spessore dell'arco E F vi è una doppia » catena piana H G attaccata in E verso la sommità, e questa catena al- » l'estremità ha due anelli che sostengono il manico di ferro che porta lo » stantuffo di una tromba premente. La leva o braccio N di questa mac- » china passa nell'albero in B, e può essere fermato se si vuole alla ruota per » essere più ferma. Vi sono due rotelle come quella da me descritta che » sono opposte diametralmente sotto la ruota, e che debbono sempre agire » alternativamente; perocchè per la disposizione delle rotelle quando una si » trova nel fondo o concavità dell'onda, l'altra si troverà al di sopra. Ma » la ruota girando da O in I, la rotella discenderà nell'incontro della parte » O Q dell'onda, ed essa rimooterà nell'altra. Non si deve considerare che » la parte O Q dell'onda, perocchè non v'è che quella che lavora per far » abbassare la rotella che innalza lo stantuffo della tromba premente, e » che sostiene tutto il peso dell'acqua. La rotella risalendo dall'altra parte » dell'onda non fa sforzo contro la ruota e segue soltanto la sinuosità del » dente, non essendo elevato che dalla gravità dello stantuffo e del suo » manico e del triangolo D E F, il quale ricade abbasso pel proprio peso che » si può rendere presso a poco eguale a quella della rotella.

» Tutto lo sforzo della ruota è solo effetto del suo peso, in guisa » che se essa è pesante come la colonna d'acqua che deve sostenere nel » corpo di tromba, la distanza delle leve essendo compensata, è evidente » che non eserciterà un attrito considerevole sul proprio perno P: ma fa » duopo che sia sempre più pesante e che non possa uscire dalla sua ralla, » perocchè altrimenti lavorerebbe su due rotelle ad un tempo, il che fa duopo » evitare.

» Il numero dei denti di questa ruota deve esser dispari acciò vi sia » sempre una delle due rotelle in lavoro, e che la potenza la quale muove » la leva N agisca sempre egualmente e non per salti come avviene nella » maggior parte delle macchine che non hanno se non una o due ruote. In » ciò consiste la precipua antiveggenza nella costruzione dei denti e nella » posizione delle rotelle: perocchè sebbene si segua sempre la regola nella » forma dei denti, fa duopo aver riguardo alle proporzioni dell'altezza e » della lunghezza dei denti stessi col diametro della ruota.

» Devesi osservare che non è possibile che la faccia dei denti o delle » onde della ruota lavori dovunque su la rotella ad eguali distanze dal- » l'asse di questa ruota, a cagione che il moto della ruota è circolare ed » orizzontale, e quello della rotella è verticale, od a piombo; e quando i » i denti incontrano la rotella, sia al fondo che al vertice, se l'asse della » rotella è egualmente distante dall'asse della ruota, succede che vi sarà » più vicino quando la rotella sarà verso la metà della sua discesa, il che » sarà facile a conoscere in pianta, e questa differenza di distanza cagionerà » un poco di attrito della faccia del dente con quella della rotella, ma non » è possibile evitare questi difetti del tutto nelle macchine e si devono ri- » guardar quelle che ne hanno meno e non considerevoli come le più perfette.

» Per la costrozione dei denti della ruota grande di questa macchina, » si debbono considerare come se fossero nello stesso piano di quello della » rotella, e quando se ne sarà determinata la figura si applicherà su la » ruota al sito in cui la rotella la incontra, facendo uso di un modello della » figura del dente.

» Avendo adunque determinato il centro D del moto del braccio DC,
» fig. 2 Tav. 7, della rotella RS, e la grandezza DC di questo braccio, dal
» centro D e col raggio DC si descriverà il cerchio CE, a cui si condurrà
» la linea tangente ABC in C. Su la linea BA come base e col cerchio
» generatore CE si descriverà la cicloide CVV, e per tutti questi punti
» VV come centri si descriveranno i cerchi N eguali a quello della ro-
» tella; dico che la curva SNN tangente a tutti questi cerchi sarà quella
» della figura dell' onda.
» Immaginando che la retta AB si muova da B verso A sopra sè stessa
» con la cicloide CVV attaccata ad essa, è chiaro che ciascun punto B
» della linea BA farà tanto cammino quanto ne farà il punto C intorno al
» centro D, essendo mosso dalla cicloide VV. Perocchè se il punto C della
» linea BA è trasportato in T per lo spazio CT, la cicloide CV sarà col-
» locata in TE ed il punto C sarà giunto in E su l' arco di cerchio CE:
» ma per la generazione della cicloide, l' arco CE è eguale in lunghezza
» alla linea retta CT, dunque due potenze eguali, delle quali una fa muo-
» vere la linea CT sopra sè stessa, e l' altra fa muovere il punto C intorno
» al centro D, si faranno equilibrio dovunque, giacchè si deve considerare la
» retta BA come la circonferenza di un cerchio il cui centro è ad una di-
» stanza infinita.
» Ora se invece del punto C del raggio CD si applica la rotella
» circolare RS che ha il suo centro in C, è chiaro per la costruzione
» della curva SNN che farà lo stesso effetto sul centro C della rotella
» incontrando la sua circonferenza come se la cicloide CVV incontrasse
» soltanto questo punto C, figure 2 e 3: perocchè il centro C essendo po-
» sato in E, il punto N della curva SNN sarà posato in n, cosicchè En
» sarà la più breve distanza dal punto E alla curva.
» Nella costruzione dei denti di questa macchina, non si fa uso di
» tutta la curva SNN, formata su la cicloide intera, ma soltanto di una
» parte e di quella che si vorrà; perchè altrimenti bisognerebbe che le
» onde fossero troppo grandi. Si può dunque prendere ad esempio la parte
» di mezzo NX di tutta la curva SNXF che è formata sopra la semici-
» cloide CV. Quindi il fondo dell' onda sarà formato dal cerchio della ro-
» tella nella posizione NZP e la sua punta sarà nel punto X. Si potrà
» dare presso a poco la stessa figura alla parte dell' onda che risale e non
» lavora, affinchè la rotella possa girare più dolcemente risalendo nel fondo.
» Devesi notare che quando la rotella sarà pervenuta all' estremità X
» dell' onda, il centro M della rotella non è alla maggior possibile distanza
» dal punto X, cioè che la linea MX non è perpendicolare a BC: ma
» siccome il punto X descrive una linea parallela a BC lavorerà solo
» sulla circonferenza della rotella sino a che il punto M sia giunto nella
» linea MX perpendicolare a BC; il centro M della rotella descriverà
» in questo luogo un archetto di cerchio eguale a quello della rotella, e
» accadrà che il punto X dell' onda si smusserà un po' nel processo del
» lavoro, il che non accadrebbe, se si adoperasse tutta la curva NXF:
» perchè l' onda non farebbe una punta alla sua estremità F, come al
» punto X, a cagione che la tangente della curva in F è parallela a BC,
» e che la tangente in X è inclinata a questa stessa linea BC. Egli è evi-
» dente che il lavoro del solo punto X durerà tanto maggior tempo quanto

» la rotella sarà più grande, perchè l'arco che il punto M descriverà, sarà » più grande per condurre questo punto M nella linea tirata da B perpendicolare a B C, che se il raggio della rotella fosse più piccolo, v'è ancora un » incomodo nella gran rotella perchè farà maggiori oscillamenti da una parte » e dall'altra sotto l'onda a cagione che si muove su due punti, di cui l'uno » è il suo perno e l'altro è quello del braccio e della porzione di cerchio » che porta la catena, il che non sarebbe tanto considerevole in una piccola » rotella. Ma se la rotella fosse piccolissima, bisognerebbe prendere una » maggior porzione della curva N N per formar l'onda, e aver sempre così » la stessa elevazione nello stantuffo della tromba.

» È facile da vedere che la catena attaccata alla parte di cerchio » serve a far innalzare lo stantuffo sempre a piombo, il che è di bonissimo uso in questa specie di trombe: perocchè altrimenti se l'altra che » porta lo stantuffo fosse soltanto attaccata ad una leva mobile intorno ad » un asse come D in questa macchina, succederebbe che lo stantuffo sarebbe » tratto ora da una parte ora dall'altra, e sfregherebbe inegualmente nel » corpo di tromba lavorando, il che la guasterebbe in pochissimo tempo, » siccome ho osservato in altri incontri.

De la Hire non spiegandosi sul modo di calcolare questa macchina non si comprende ciò che abbia voluto far conoscere col dire: *Tutto lo sforzo della ruota non succede che pel suo peso in guisa che se è tanto pesante come la colonna d'acqua che si deve sostenere nel corpo di tromba, essendo misurata la distanza delle leve, è evidente che non succederà un attrito considerevole sul proprio perno P: ma fa duopo che sia sempre più pesante e che non possa uscire dalla propria ralla, perocchè altrimenti lavorerebbe su due rotelle ad un tempo, il che bisogna evitare.*

Sembra che quest'autore voglia far intendere che quando il peso della ruota è in equilibrio con quello della colonna d'acqua, la potenza non ha da superare altra resistenza, tranne quella che proviene dall'attrito che ha ragione di valutarlo poco considerabile, attesa l'estrema picciolezza del raggio del perno dell'albero B N, il che devesi intendere per l'espressione *compassare le leve.*

Questa macchina potrebbe a giusta ragione essere giudicata maravigliosa se effettivamente la potenza non sostenesse veruna parte del peso dell'acqua e non avesse a vincere che l'attrito; ma ciò non avviene in questo caso, e non s'incontrerà mai in nessuna macchina.

Si giudicherà dell'effetto delle onde considerando ch'esse hanno due azioni: una, proveniente dal peso della ruota, succede secondo una direzione verticale, e l'altra che procede dalla potenza motrice si fa secondo una direzione orizzontale. D'onde risulta una forza composta che fa salir l'acqua.

Per meglio farmi intendere, si consideri la leva a gomito E D C avente un peso P attaccato all'estremità E dell'arco E F ed una rotella S R all'altra estremità C, figura 7, Tavola 7; è indubitato che, se la linea orizzontale B D esprime la faccia di una trave immobile, introducendo il cuneo O A Q, fra la trave e la rotella R S per farla strisciare da B in D per l'azione di una potenza T, questo cuneo costringerà la rotella a discendere, e il peso P a salire: allora nello stato d'equilibrio i tre lati del triangolo rettangolo O A Q esprimeranno l'azione di tre potenze; il primo A O lo sforzo della potenza T; il secondo A Q l'azione della rotella S R contro la trave B D

che fa le veci del peso della ruota di cui parliamo; e il lato OQ lo sforzo che sostiene il piano inclinato o quello che risolta dal concorso della potenza T e della resistenza della trave. Siccome la potenza T soltanto può costringere la rotella a discendere ed il peso P a salire, vedesi che questa potenza starà all'azione del peso P, ossia alla resistenza che la rotella può opporre al piano inclinato, come l'altezza AO di questo piano, sta alla sua base AQ o come la tangente dell'angolo AQO, formato dal piano inclinato OQ forma con l'orizzonte BD, sta al seno totale; che per conseguenza questa potenza non può esser nulla se non nel caso in cui il peso restando immobile, la rotella appoggia immediatamente contro la trave BD.

Ciò che ho detto si applica pure all'azione della ruota di cui parliamo, mentre ogni onda può essere considerata come un piano inclinato, o se si vuole a cagione della sua curvatura, come composta di vari piani inclinati contigui, su ciascuno dei quali si potrà fare lo stesso ragionamento; ma siccome questi piani fanno tutti degli angoli diversi con l'orizzonte, ne segue che la potenza non agirà in modo uniforme, e sarà tanto più picciola o più grande del peso secondo che le tangenti degli angoli stessi saranno al di sopra o al di sotto del suo totale come dimostreremo qui innanzi.

De la Hire ragionevolmente osserva, essere necessario che la ruota sia sempre più pesante della colonna d'acqua che vuolsi innalzare, perchè questa ruota non esca dalla sua ralla ma non s'intende ancora ciò che voglia dire col soggiugnere che se ciò avvenisse, *essa agirebbe su due rotelle ad un tempo;* cioè che i due stantuffi premerebbero l'acqua nello stesso tempo, ma ciò appunto non può succedere a motivo della figura della ruota; vi sarà sempre il vuoto di una delle onde diametralmente opposto allo sporto di un'altr'onda; e gli assi dei due bilici essendo conservati invariabilmente ad una distanza l'uno dall'altro, presso a poco eguale al diametro della ruota, non è possibile che le rotelle discendano tutte e due nello stesso tempo; qualunque accidente sopravvenga alla ralla, l'albero cadrebbe di fianco e la ruota non potrebbe più agire su le rotelle; in una parola la macchina non sarebbe più capace di verun effetto.

In quanto all'applicazione della cicloide fatta da De la Hire per determinare la curvatura delle onde, affinchè il cammino della circonferenza della ruota sia eguale a quello dell'asse della rotella, il qual mezzo sarebbe immaginato bene per eguagliare le due potenze di cui parla, se fossero sempre le stesse, esse sono ben lungi dall'essere uniformi, come vedrassi.

Si sa che una tangente EF condotta ad una cicloide AEC è sempre paralella alla corda AD dell'arco del cerchio generatore, figure 3 e 4, eguale all'ordinata corrispondente DE, che per conseguenza l'angolo DEF aumenta a misura che il punto E si approssima a C, perocchè in questo punto la tangente CG forma con la base BC un angolo retto BCG, mentre al punto A quest'angolo diviene zero. Siccome per la generazione della curva SNN ogni perpendicolare alla cicloide CVV lo sarà pure alla curva SNN, ne segue che le tangenti di questa curva e della cicloide che corrisponderanno alle stesse perpendicolari saranno paralelle, che per conseguenza i piani inclinati contigui di cui sarà composta ciascun'onda formeranno con l'orizzonte degli angoli che andranno descrescendo da T fino in E; quello che è all'origine dell'onda essendo retto, l'ultimo alla sommità della stessa onda si ridurrà a zero: ma avendo detto che quando la resistenza della rotella

sarà espressa dal seno totale, la tangente dell'angolo del piano inclinato esprimerà la potenza; vedesi che quando il piano inclinato formerà un angolo retto con l'orizzonte, la sua tangente allora essendo infinita, sarà pure infinita la potenza, ed al contrario quando quest'angolo diverrà zero, la potenza si troverà nulla, perocchè il peso in tale istante sarà altrimenti sostenuto da quello della ruota.

Ecco i due casi estremi della potenza, allorchè il centro della rotella si trova nei punti C e V, estremità della cicloide, cioè al fondo ed alla sommità dell'onde; è vero che siccome de la Hire non impiega se non una parte X N della curva F T, il fondo dell'onda trovandosi espresso dall'arco di cerchio N Z P, la resistenza che presenta la rotella al punto N dell'onda non è invincibile, ma sarà sempre molto al di sopra della gravità del peso con cui la potenza non è in equilibrio, se non quando il centro della rotella si trova ad un certo punto della cicloide C V, distante dalla base B C per una distanza eguale al raggio del circolo generatore.

Siccome l'uniformità della potenza, specialmente quand'è un animale, deve essere una delle prime considerazioni della perfezione delle macchine, si può conchiudere da tutto ciò che abbiam detto, che De la Hire, ben lungi dall'avere rettificata la ruota di Desargues applicandovi la cicloide, l'ha resa più difettosa che se avesse dato alle onde la semplice figura di un piano inclinato comune un po' rotundato verso le estremità per facilitare alla rotella il passaggio da un piano all'altro, perocchè allora la potenza agirebbe con tanta uniformità quanta se ne può desiderare in pratica, come vedrassi dall'uso che farò di questa ruota per muovere gli stantuffi in un caso simile a quello di Val-Saint Pierre.

1032. La figura 5 rappresenta una ruota consimile alla precedente, con questa sola differenza che le faccie A B, C D di ciascun'onda, Tavola 7, figure 5 e 6, sono supposte rette non essendo rotondate che alla sommità B C e nel fondo D E. Riguardo alle rotelle E, le loro staffe sono attaccate a bilici di una lunghezza proporzionata all'intervallo che converrà fra la ruota e le trombe per la comodità della manovra. Secondo la disposizione di questa ruota bisognerà servirsi di trombe rovesciate non potendo gli stantuffi premere se non all'insù; io non entro nel dettaglio di queste trombe persuaso che quelli che avranno inteso bene il Capo terzo, unitamente alle cognizioni che acquisteranno dal quinto, saranno in istato di farle costruire relativamente alla situazione del terreno. Nondimeno se si amasse meglio che gli stantuffi premessero al basso, basterà, come dimostra la figura 6, di far agire la ruota in senso opposto al precedente per evitare di dover regolare il suo peso con quello della colonna d'acqua. Quando le rotelle poggiano naturalmente su la ruota si può fare liberamente la parte del bilico che le corrisponde lunga quanto si vuole, senza curarsi del suo peso, mentre nella figura 5 bisogna necessariamente che il peso degli stantuffi preponderi acciò le rotelle non abbandonino mai la ruota; in questo caso se il braccio di leva degli stantuffi è più breve di quello delle rotelle non si può fare a meno di caricare l'estremità del primo per supplire ai pesi degli stantuffi, il che produce delle mosse estranee che bisogna tentar di evitare. Si crederà forse che non vi sia se non da fare questo braccio più lungo di quello delle rotelle, e che se si perde da questa parte se ne indennizzerà con una maggiore alzata di stantuffo; ma non potendo fruire di

questo vantaggio senza diminuire il loro cerchio a misura che si accorcierà il braccio di leva delle rotelle, non si avrà una maggior quantità d'acqua, e si cadrà nell'inconveniente che segue.

Il centro di ciascuna rotella descrivendo un arco nel montare lungo un piano inclinato, più quest'arco sarà sensibile, maggiore ineguaglianza vi sarà nell'azione della potenza, invece che sarebbe da desiderare che la direzione del braccio di leva della rotella fosse sempre orizzontale; ma tutto ciò che si può fare di meglio si è che non se ne allontani se non il meno possibile; il che dipende necessariamente da due cose: una dall'altezza del piano inclinato rapporto alla sua base; l'altra dal raggio dell'arco che descrive il centro della rotella, perocchè più grande sarà questo raggio e picciolo lo sporto delle onde, meno quest'arco si allontanerà dalla verticale che ne sarà la tangente; è vero che quando la lunghezza dei bilici sarà limitata e gli stantuffi premeranno d'alto in basso, se il loro braccio di leva non è di una certa lunghezza, le loro aste cadranno nel difetto che vogliamo risparmiare alle rotelle; ma è facile rimediarvi osservando ciò che si è detto su questo nell'art. 957. Del resto ecco il più conveniente partito.

Dopo che si sarà determinata la posizione dei sostegni C, D, in guisa che il cavallo girando non sia punto incomodato, si conoscerà la lunghezza che si potrà dare alla parte EF dei bilici, e si farà l'altra eguale ai due terzi di questa, quindi si regolerà l'altezza dei sostegni in modo che quando la rotella I sarà giunta alla sommità K di un'onda, il suo bilico GH sia orizzontale; allora quando la rotella L si troverà nel fondo N dell'onda opposta, l'angolo MLF formato dalla verticale ML colla linea LF che unisce i centri di moto della rotella e del bilico EF, sarà alquanto più aperto di un retto, e perciò la direzione LF della potenza che si suppone sostenere il peso L sopra un piano inclinato, non trovandosi punto orizzontale, non importerà che stia al peso come l'altezza del piano alla sua base; è vero che questa potenza crescerà gradatamente a misura che il peso salirà; ma siccome giugnerà appena ad avere con essa il rapporto precedente, si potrà fare il calcolo della macchina su questa base, senz'essere costretti ad entrare in ricerche astratte in cui getterebbe l'angolo MLF se fosse acuto.

Riguardo ai piani inclinati che debbono comporre le onde, è indubitato che più la loro base eccederà l'altezza, minor resistenza proveranno le onde per parte delle rotelle; ma siccome non si possono aumentare queste basi senza dare maggior estensione alla circonferenza di cui fanno parte, o senza allontanare il peso dal centro della ruota che devesi riguardare come il punto d'appoggio della leva cui è applicata la potenza motrice, vedesi che questa potenza non vi guadagnerà nulla; nondimeno per fissare un rapporto fra la base e l'altezza del piano inclinato che possa accordarsi con le osservazioni precedenti, vorrei che si facesse questa base doppia dell'altezza.

Per tracciare le onde supporremo che la rotella abbia 8 pollici di diametro, che la sua alzata debba essere di 12 pollici, affinchè l'azione degli stantuffi ne abbia otto come a Val Saint-Pierre. Ciò posto si descriverà un triangolo isoscele ABC, Tav. 7 fig. 9, la cui base AC sia di 48 pollici e la perpendicolare BD di 13, affinchè avendo smussato l'altezza B, l'angolo BD dell'onda rappresentata da questo triangolo sia il quarto della base AC, quindi si prenderà su questa base prolungata una parte CE di 4 pollici, su cui si traccierà il triangolo equilatero CFE per descrivere dal punto F e dall'intervallo FG eguale al raggio della rotella, l'arco CE che determinerà la figura

cui bisogna dare al fondo di ciascon' onda, acciò la rotella essendo intromessa salga per un' altezza eguale a B D, il che non lascierà di succedere, perocchè l'angolo B C F essendo un po' maggiore del retto, quando questa rotella sarà nel fondo dell'onda, non si appoggerà sul piano inclinato.

La lunghezza A E della base di un'onda, compreso il fondo che serve per allogare la rotella, sarà dunque di 52 pollici, che moltiplicati per 5, dà 260 pollici per la circonferenza della ruota presa nel mezzo dello spessore dei quarti che corrisponde ad un raggio di 3 piedi e 6 pollici, cui aggiugnendo 4 pollici per la metà dello spessore dei quarti, il massimo raggio della ruota sarà 3 piedi e 10 pollici.

Riguardo alla costruzione di questa ruota bisognerà farla a doppia membratura, come lo scudo dei mulini (648), poscia attaccarvi i piani inclinati ai quali si daranno 8 pollici di grossezza e legarli insieme con una fascia di ferro lunga 4 pollici circa, attaccata sul contorno delle onde per servire di cammino alla rotella, la cui staffa deve avere bastante sporto acciò i bilici non tocchino mai la ruota; la figura 8 rappresenta la testa d'un bilico per far vedere il modo di applicarvi la rotella.

Per conoscere il rapporto della potenza motrice al peso che le onde debbono innalzare chiameremo a il raggio della ruota, b la lunghezza dell'albero, c la base di ciascun piano inclinato; d la sua altezza; p la potenza e q il peso.

Considerando per un istante la resistenza del peso come se fosse applicata ai denti di una ruota comune si avrà $a : b :: p : q$, d'onde si deduce $\frac{bp}{a}$ per l'espressione della potenza che deve far salire il peso sul piano inclinato secondo una direzione orizzontale; quindi si avrà $c : d :: \frac{bp}{a} : q$, ovvero $a\,c\,q = b\,d\,p$, d'onde si trarrà $p : q :: a\,c : b\,d$, il che dimostra, *che la potenza sta al peso fatto innalzare dalle onde, come il prodotto del raggio della ruota per l'altezza del piano inclinato al prodotto della lunghezza dell'albero per la base dello stesso piano.*

Questa macchina non avendo altro attrito tranne quello che proviene dal perno della ruota e degli assi dei bilici e delle rotelle che si può considerare nullo, attesa la picciola resistenza che opporranno alla potenza, noi non ne terremo conto nel calcolo che or ora faremo per trovare il diametro degli stantuffi.

Supponendo che il timone abbia 14 piedi di lunghezza e che la forza di un cavallo valutata 180 lib. sia tutta impiegata a vincere la resistenza del peso, si avrà $a =$ piedi 3 1/2; $b =$ piedi 14, $c = 1$ piede; $d = 2$ piedi, $p = 180$ lib.; quindi in luogo di $a\,c : b\,d :: p : q$, si avrà $3\ 1/2 \times 1 : 14 \times 2 :: 180$ lib., sta a q; ovvero $1 :: 180 : q$, il che dimostra la potenza non essere che l'ottava parte del peso, e quindi 1440 lib.; ora siccome nello stato d'equilibrio questo peso deve stare a quello della colonna d'acqua in ragione reciproca delle braccia del bilico, o come 2 : 3, la potenza motrice non sarà dunque se non la dodicesima parte del peso della colonna che può premere ciascun stantuffo, quindi questa colonna peserà 2160 libbre.

Per dare agli operaj una regola acciò possano trovare ad un tratto il diametro degli stantuffi che debbono convenire a questa macchina o ad ogni altra, circa la forza del motore e l'innalzamento dell'acqua, ecco ciò che bisogna seguire.

1.° Si comincia dal conoscere il peso della colonna d'acqua che ciascun stantuffo può premere, e si moltiplica per 1728, numero costante per avere un primo prodotto.

2.° Si riduce in pollici l'altezza a cui vuolsi innalzar l'acqua che si moltiplica per 55, altro numero costante per avere un secondo prodotto.

3.° Dividesi il primo prodotto pel secondo e si estrae la radice quadrata del quoziente che darà il diametro che si cerca.

Per esempio, avendo trovato che la potenza poteva sostenere una colonna d'acqua di 2160 lib., si moltiplica questo peso per 1728, e si ha 3732480, e supponendo che si voglia innalzar l'acqua 150 piedi, od a 1800 pollici, moltiplico questo numero per 65 onde avere 99000; facendo la divisione, il quoziente darà 37 pollici quadrati o 2/3 circa; de' quali estraendo la radice si hanno 6 pollici ed una linea, o soltanto 6 pollici pel diametro degli stantuffi.

Siccome forse si avrà curiosità di sapere a quali principj sia fondata questa regola, si osservi che chiamando p il peso della colonna d'acqua ed h la sua altezza presa in pollici, bisognerà dire se 70 libbre, peso di un piede cubico di acqua dà 1728 pollici per la sua massa, quanto ne darà il peso p per la propria, il quarto termine sarà espresso da $\frac{p \times 1728^{pol.}}{70^{lib.}}$ cui bisogna dividere per h, altezza della colonna, per avere la superficie della base che sarà $\frac{p \times 1728^{pol.}}{h \times 70^{lib.}}$; ed essendo questa base circolare, si avrà il quadrato del suo diametro, dicendo come 11 sta a 14, così $\frac{p \times 1728}{h \times 70^{lib}}$ sta ad un quarto termine che è $\frac{p \times 1728 \times 14}{h \times 11 \times 70}$; ma $\frac{14}{70}$ si riducono ad 1/5; si avrà dunque $\sqrt{\frac{p \times 1728}{h \times 55}}$ pel diametro degli stantuffi.

Volendo conoscere il prodotto di questa macchina, considero che il cavallo potrà fare agevolmente 120 giri ogni ora, e che ad ogni giro i due stantuffi insieme premendo dieci volte per un'alzata di 8 pollici, faranno ascendere dal serbatojo 1200 colonne d'acqua di 6 pollici di diametro per 8 pollici di altezza contenenti insieme 5500 pinte, o circa diciannove moggia e mezzo.

In qualunque modo si proceda, dubito che si possa giugnere a fare una macchina che elevi con la forza media di un cavallo una quantità d'acqua maggiore ad un'altezza di 150 piedi, il che dipende dall'essere i bracci di leva ben distribuiti e i corpi di tromba supposti senza difetto, onde la forza del motore sia totalmente impiegata a vincere il peso dell'acqua.

In quanto alla spesa relativa all'esecuzione di questa macchina bisogna convenire che non può essere considerevole, poichè non si tratta che di una semplice ruota, di due corpi di tromba, di tubi ascendenti e di un coperto per chiuderla; quindi io la preferisco a quella di Val-Saint-Pierre e perciò mi son fatto un dovere di non ometter nulla di tutto ciò che poteva facilitarne l'uso, persuaso che in un gran numero d'occasioni converrà meglio di tutte quelle che sono state immaginate finora per la facilità di servirsi dell'una o dell'altra ruota, secondo la situazione del terreno; per esempio se si volesse estrar dell'acqua da un pozzo molto profondo, si potrebbe farlo ugualmente con trombe aspiranti ripetute di 25 in 25 piedi.

Le due girelle, essendo distanti l'una dall'altra 7 piedi circa, si crederà forse essere una condizione fastidiosa quella di dover tenere lo stesso intervallo fra i corpi di trombe; ma siccome si può far a meno di collocare i bilici paralellamente, potrassi quando la necessità ci costringa avvicinare la estremità corrispondenti agli stantuffi per non allontanare i corpi di tromba che 2 o 3 piedi onde unire più agevolmente le loro braccia ad uno stesso tubo di condotta; allora se i bilici hanno circa 30 piedi di lunghezza, le girelle non andranno meno facilmente su le onde benchè le loro direzioni non sieno affatto perpendicolari al diametro della ruota.

Descrizione della macchina applicata al Ponte Nuovo a Parigi.

La macchina idraulica chiamata comunemente la *Samaritana*, perchè vi zampilla un nappo d'acqua da un gruppo in bronzo che rappresenta Nostro Signore colla Samaritana, fornisce l'acqua della Senna al Louvre, al giardino delle Tuilleries ed al Palazzo reale. Questa macchina appartiene al Re e si può considerare una delle più semplici in questo genere: siccome l'edificio che la contiene è assai ben inteso, ne farò una breve descrizione che accompagnata dalle piante, dai profili e dall'alzato basterà a darne un'idea precisa.

Quest'edificio corrisponde alla seconda arcata del Ponte Nuovo dalla parte del Nord ed al parapetto che guarda a ponente, situazione molto più conveniente che dalla parte opposta, perocchè il fiume venendo da Levante, il suo passo trovasi ristretto dalle pile del ponte che lo fa gonfiare e gli dà maggior forza per far girare la ruota che muove le trombe; questo esempio dimostra che quando si vuol appoggiare una macchina ad un ponte bisogna sempre costruirla dalla parte di sotto.

1033. Considerando la Tavola 8, vedrassi che la figura 1 esprime l'alzato dell'edificio, la ruota, ed i corpi di tromba veduti dalla parte del ponte Reale; che la figura 2 è un alzato della facciata verso mezzodì o verso il sobborgo S. Germano, e che la terza rappresenta quella che guarda il Ponte Nuovo; riguardo all'interno dello stesso edificio se ne potrà giudicare dalla figura 4, e meglio ancora dopo che si sarà seguita la spiegazione delle diverse piante ad esso relative.

1034. La figura 5, Tavola 9, è una pianta che indica il sistema dei diversi pezzi di legname che servono di base all'edificio. Primieramente si sono piantate due file di pali, da ciascun lato sotto i cappelli A B da cui sono coperti; su questi cappelli sono attaccate le traverse C D che servono a inchiavare altre due file di pali E, molto più elevati dei precedenti legati da quattro corsie di asciallonі F G, che non si possono distinguer bene che nelle tre prime figure, ove si osserverà che questi asciallonі sono fermati dalle chiavi H I.

1035. Per restringere il passo dell'acqua che scorre sotto l'arcata occupata dalla macchina, si è fatta da ciascuna parte una cassa di legname piena di murazione affinchè le acque sostenute dalle sponde K L M quando il fiume è basso si riuniscano incontro alla ruota Q. Per economizzare la corrente si sono piantati due pali N che servono d'incastri ad una paratoja T che si maneggia per mezzo di un martinetto.

1036. Circa la ruota Q, il suo asse poggia su due cuscinetti P incassati in due travi ad incastro O che servono a dirigerli quando si vuol abbassare od innalzare la ruota per metterla all'altezza dell'acqua.

1037. Alle estremità dell'asse vi sono delle manovelle doppie che corrispondono a leve che servono a dar moto agli stantuffi collocati in V, ove sono trattenuti da un sistema di quattro pali R collegati insieme a due altri Z ad incastro, lungo i quali può agire il telajo, che porta le trombe onde poterle ritirare dall'acqua, allorchè vi sarà qualche riparazione da fare; perocchè questi telaj sostengono delle traverse S che abbracciano i corpi di tromba come puossi rimarcare nella figura 1, secondo le lettere precedenti.

Le figure 6 e 7 rappresentano due tavolati formanti come due gallerie praticate all'altezza dei numeri 6 e 7, indicate nelle sezioni e negli alzati, per facilitare il lavoro che riguarda la macchina.

1038. La figura 8 esprime il piano in cui sono posti i bilici che comunicano il moto agli stantuffi, i martinetti che servono ad innalzare ed abbassare la ruota e la paratoja, situata in A ed in B nella pianta e nella sezione.

La figura 9 esprime la distribuzione dell'alloggio del Custode della macchina presso al pianterreno, come se ne può giudicare dal ponte di legno che vi corrisponde.

1039. La figura 10 rappresenta quella del piano superiore; e finalmente la 11, il granajo ove i tubi ascendenti delle trombe sbucano nei punti A e B ove sgorga l'acqua che è condotta dal canale CD nella vasca D; e di là al punto E d'onde si scarica nella chiocciola che è sotto il quadrante rappresentato in F della precedente, e che fa agire un orologio che corona graziosamente l'edificio.

1040. Per entrare nel dettaglio delle parti principali della macchina, comincieremo dai martinetti sviluppati nelle figure 12, 15 e 16 Tav. 11, ove si vede essere composti di un volante a quattro braccia di leva AB, il cui asse è accompagnato da un rocchetto C, figura 16, che s'ingrana con la ruota D, avente pure un rocchetto E corrispondente alle incavature del martinetto F; quindi vedesi chiaro che girando il volante deve pure girare la ruota D e far salire il martinetto.

La figura 12 rappresenta due martinetti i cui fusti sono attaccati ad un trave Q. Questa trave poggia sul tavolato S che è sostenuto in questo luogo dalle incavallature R inchiavate nelle travi T, figura 15.

1041. Siccome i martinetti che servono ad innalzare la ruota agiscono al pari di quelli che innalzano la paratoja, essendo entrambi similmente disposti, la stessa spiegazione servirà ad entrambi: quindi supporremo che il pezzo GH attraversante il palco S rappresenti l'ago o la freccia della paratoja che vedesi traforata da molti fori per passarvi le chiavi di ferro L, M, distintamente marcate nelle figure 12 e 15 ove si vede che la freccia GH è abbracciata da due guide N O che sostengono la prima chiave L col mezzo del sostegno P, contro cui si appoggiano i martinetti F quando innalzano la paratoja; allora quando sono giunti al loro punto più elevato, si fa uso dell'altra chiave M per fermare la paratoja su la trave Q e quando non s'incontra ad un'altezza sufficiente per rimanervi stabile si abbassano i martinetti per collocare più basso la chiave L facendo discendere le guide onde ricominciare la stessa manovra tante volte quante si crederà necessario.

1042. I corpi di tromba sono quattro divisi in due sistemi, ciascuno dei quali è rappresentato dalle figure 17, 18 e 19, Tavola 11, che dimostrano

che le due trombe V e la loro inforcatura sooo trattenute da traverse S attaccate da cavicchie ad un telajo, di cui Y rappresenta i ritti che possono strisciare contro gl'incastri Z abbracciati dalle estremità delle traverse, come si distingue perfettamente nella figura 19, in cui si vede che queste traverse sono incavate nei punti B per lasciare alle aste C del telajo FE, che porta lo stantuffo D, la libertà di agire.

1043. Questi telaj sono sospesi da barre di ferro GF, figure 13 e 14, ad una delle estremità del bilico N, ed all'altra sono somiglianti barre GP, che si prolungano fino alle manovelle (1038) le quali venendo a girare fanno agire gli stantuffi alternativamente nell'ordine che diremo più sotto.

I perni K di questi bilici sono portati da due cavalletti ML posati sul tavolato AB fortificato in questo luogo dalle incavallature C inchiavate in due travi, come nella figura 15.

Si è dovuto rimarcare nella figura 1 (1033), che i corpi di tromba erano interamente immersi nel fiume, ed allo scopo di poterli ritirare quando è d'uopo ristaurarli o calarli al basso, allorchè il fiume è molto magro, si sono attaccati ad un telajo che si leva e si abbassa coll'ajuto di argani che ne facilitano la manovra di cui si avrebbe potuto fare a meno secondo la disposizione delle figure 20 e 21, in cui si vede che le trombe prementi tuffano in un vaso EFGH che si suppone innalzato sul tavolato AB, rappresentato dalla figura 7; che al fondo di questa vasca vi sono delle trombe aspiranti I chiuse coi loro tubi in una cassa KL per garantirli dall'urto dei corpi stranieri che il fiume reca talvolta e specialmente dai ghiacci.

1044. Per gindicare dei pezzi che servono ad innalzare la ruota si considerino le figure 22 e 23 in cui si osserverà primieramente la freccia S traforata superiormente come l'ago della paratoja onde poter essere innalzata del pari coi martinetti (1041): questa freccia è munita di tiranti di ferro f attaccati con cavicchie m traforate al di sotto per passarvi le chiavette n, che servono a sostenere i pattini P, che compongono il cuscino su cui poggia l'asse della ruota le cui braccia sono figurate dalla lettera p.

Questi pattini sono collegati da quattro cavicchie l e due altre q le prime delle quali servono di appoggio ai tiranti f, acciò il cuscino segua sempre la stessa direzione quando si fa salire o discendere la ruota; le sue estremità agiscono lungo due incastri r che fanno parte de' pali O.

Riguardo ai pezzi T essi non hanno verun rapporto coi precedenti: sono questi estremità di aste (1038) corrispondenti ai bilici ed alla manovella CD i cui gomiti si trovano abbracciati dai collari K, rappresentando il rettangolo AD il profilo della manovella preso lungo il braccio che determina l'intervallo da un gomito all'altro come si può vedere dalle stesse lettere segnate nelle figure 4 e 5.

1045. L'estremità delle manovelle piantate nell'albero della ruota in cui è ritenuta da una cavicchia hs, serve di asse ad un cilindro g di 5 pollici di raggio la cui superficie è coperta da un numero di lamine di rame rotondate come i fusi di una lanterna ritenuti alle estremità con cerchj. Questo cilindro che fa le veci di perno agisce sopra un registro incastrato nel cuscinetto PQ soltanto, mentre l'altro che è dalla parte della ruota, non la tocca punto perchè è assottigliato nel mezzo.

Ciò basta a parer mio per avere un'idea generale di questa macchina; per

facilitarne il calcolo non rimane che di dar le misore delle parti che vi debbooo entrare onde far nascere degli esempj del modo di applicare i principj ai diversi casi che si presentano.

1046. Il raggio della ruota preso fino al centro d' impressione delle ale è di 8 piedi o 96 pollici, il che corrisponde ad una circonferenza di piedi 50 2/7.

1047. Le palmette hanno 18 piedi di lunghezza per 4 di altezza cioè 72 piedi quadrati di superficie.

1048. Il gomito della manovella è di 21 pollici.

1049. I bilici hanno 20 piedi di lunghezza divisi in modo dai perni che la parte corrispondente alla manovella fa un braccio di leva di piedi 10, pollici 9, e quella che corrisponde alle trombe è di 9 pollici; quelle delle forcature e del tubo ascendente noo è che di 6.

1051. L'alzata degli stantuffi è di 3 piedi e preme ooa colonna d'acqua di 72 piedi d' altezza.

1052. Quando il fiume è oel suo stato medio la ruota fa 28 giri in 10 mimuti; allora la velocità del centro d'impressione delle palmette è di 2 piedi 7 pollici e 6 linee ogni secondo.

L' orlo inferiore della paratoja tuffa d' ordioario per 2 o 3 pollici nell' acqua il che contribuisce a dare a qoella che passa sotto per colpire le palmette maggiore velocità di quella che si avrebbe se questa paratoja fosse totalmente innalzata, e si ha cura di abbassare bastantemente la ruota acciò le palmette non sieno coperte dalla paratoja.

1053. Essendomi servito dello strumeoto di Pitot (614) per misurare la velocità dell' acqua che passava sotto la paratoja, allorchè faceva 28 giri in 10 miouti, ho trovato che era di 6 piedi e circa 2 pollici ogni secondo.

1054. Per far in modo che la potenza agisca con maggior uniformità possibile, le manovelle sono disposte in modo che se i loro gomiti fossero tracciati in uno stesso piano verticale, dividerebbero in quattro parti eguali la circonferenza del cerchio che descrivono; quindi queste due manovelle possooo essere considerate come se non ne facessero che una sola a qoattro gomiti, come abbiamo spiegato nell' art. 115; per conseguenza per avere il braccio di leva medio bisognerà seguire ciò che è stato insegoato nell' art. 116, dicendo come 7 sta a 9, così il cubito della manovella di 21 pollici (1048) sta al braccio medio di leva che si troverà di 27 pollici, e si potrà sopporre nel calcolo della macchina che sia composta di un sol corpo di tromba, il cui stantuffo prema incessantemente; allora la macchina si troverà composta di quattro bracci di leva le coi lunghezze prese consecotivamente danno:

Il raggio della ruota 96 pollici (1046).

Il gomito o braccio di leva medio della manovella, 27 pollici (1054).

Il braccio del bilico corrispondente alla manovella, 129 pollici (1049).

Il braccio del bilico corrispondente agli stantuffi, 115 pollici (1049).

1055. Se si richiama ciò che si è detto nell'articolo 74, vedrassi che in questa macchina il peso starà alla potenza, come 96 × 129 sta a 27 × 115, o presso a poco come 4 a 1.

Siccome il peso di cui parliamo è ridotto a quello di uoa colonna d' acqua di 9 pollici di diametro (1050), per 72 piedi di altezza (1051) sarà circa 2228 lib., il cui quarto dà 557 lib. per la potenza applicata alla ruota facendo astrazione dagli attriti che qui non hanno loogo che ai

perni della ruota ed a quelli del bilico. Nondimeno vedrassi che questa potenza è molto superiore a quella che abbiamo valutato, il che dipende meno dagli ostacoli cagionati dall'attrito che dalla cattiva costruzione dei corpi di trombe che hanno 9 pollici di diametro, mentre quello delle forcature e del tubo ascendente non è che di 6 pollici (1050), il che restringe il passo dell'acqua riguardo al cerchio degli stantuffi nel rapporto di 4 a 9, ed anche di 1 a 4, a motivo che le valvole sono a conchiglia, inconveniente di cui ho fatto sentire le conseguenze negli articoli 902, 903 e 963, 964, 965, di cui vedrassi l'applicazione in modo molto sensibile.

1056. La velocità della corrente essendosi trovata di 6 piedi e 2 pollici ogni secondo, (1053) e quella della ruota 2 piedi, 7 pollici e 6 linee, quando ho fatto le mie osservazioni (1052), sottraendo quest'ultima dalla prima si troveranno 3 piedi, 6 pollici e 6 linee per la velocità relativa della corrente che colpisce le palmette, il cui urto sopra una superficie di un piede quadrato è di 14 lib. 3/4, come se ne può giudicare dalla Tavola 3.ª riferita nel 1.º Volume pag. 258. Moltiplicando libbre 14 2/3 per 72 piedi quadrati, superficie delle palmette, (1047) si avranno 1056 libbre per l'urto dell'acqua che agirebbe su la ruota (585) mentre una potenza di 557 libbre sembra che dovesse bastare per ciò (1055); il che fa una differenza di quasi 500 lib. per vincere gli ostacoli estranei al peso.

1057. Se le trombe fossero rettificate e si sopprimessero le valvole a conchiglia acciò gli stantuffi potessero premere l'acqua senz'ostacolo, non vi è dubbio che la ruota non farebbe più di 28 giri in 10 minuti (1052); perocchè più si prende della forza rispettiva della corrente per vincere la resistenza oppostagli, minor velocità ha la ruota.

Per giudicarne cerchiamo qual sarebbe la velocità rispettiva del fiume per essere capace d'un'impressione di lib. 557. Bisogna dividere 557 per 72 piedi, superficie delle palmette, e si troveranno lib. 7 3/4 per la forza rispettiva della corrente sopra una superficie di un piede quadrato che corrisponde nella terza tavola; pagina 184, ad una velocità di 2 piedi e 7 pollici, che sottratta da 6 piedi e 2 pollici velocità totale della corrente, rimangono 3 piedi e 7 pollici per la velocità della ruota ogni secondo invece di 2 piedi, 7 pollici e 6 linee, il che dà 2150 piedi in 10 minuti, che divisi per piedi 50 2/7 circonferenza della ruota, (1046) si ha 43 pel numero dei giri che farà in 10 minuti; per conseguenza il prodotto della macchina nel suo stato attuale starà al prodotto di cui sarebbe capace se fosse rettificata, come 28 sta a 43.

1058. Facendo la manovella 28 giri in 10 minuti, ciascuno stantuffo farà lo stesso numero di corse, e i 4 stantuffi insieme 112, che moltiplicati per 3 piedi, gioco dello stantuffo (1051), dà 336 piedi per l'altezza della colonna d'acqua che i quattro stantuffi faranno salire insieme in 10 minuti; ed avendo questa colonna per base un cerchio di 9 pollici di diametro (1050), il suo peso sarà di 10395 libbre, che fanno ancora 1039 libbre d'acqua ogni minuto, ovvero 37 pollici 1/9 (343). Si può dire adunque, come 28 sta a 43, così pollici 37 1/9 sta ad un quarto termine che si troverà pollici 56 8/9 per la quantità d'acqua che la macchina darebbe ogni minuto se fosse rettificata, differenza che giugne a 57 moggia circa ogni ora.

1059. Questa macchina, non potendo essere capace del maggior effetto se non quando la velocità della ruota sarà il terzo di quella della corrente, (588) non basterebbe per renderla perfetta rettificarne il corpo di tromba, lasciando loro lo stesso diametro; perocchè allora la velocità della ruota si troverebbe di 3 piedi e 7 pollici ogni secondo (1057), che è più della metà di quella della corrente.

Per continuare l'applicazione dei principj onde famigliarizzarne l'uso, si cerchi qual diametro dovranno avere i corpi di tromba conservando tutte le altre parti della macchina nello stesso stato in cui le abbiamo esposte; non già perchè sia esente dai difetti, trovandosi la ruota suscettibile anzi di una correzione importante della quale farò menzione in seguito.

Quando la velocità della ruota sarà il terzo di quella della corrente, la velocità rispettiva della stessa corrente si troverà di 4 piedi, un pollice e 4 linee (1053), il cui urto sopra una superficie di un piede quadrato corrisponde a 20 libbre nella Tavola 3, che essendo moltiplicata per 72 piedi, superficie delle palmette, (1047) dà 1440 libbre per la potenza cui bisogna quadruplicare, perchè il rapporto di questa potenza al peso si è trovato di 1 a 4 (1055); si avranno 5760 libbre pel peso della colonna d'acqua che questa potenza potrà elevare, la cui altezza dovendo essere di 72 piedi (1051), non trattasi più che di avere il suo diametro. A tale effetto non si ha che da moltiplicare 55 libbre, peso di un piede cilindrico di acqua della stessa altezza di quella onde parliamo; e siccome stanno l'una all'altra nella ragione dei quadrati del loro diametro, si dirà: come 3960 libbre stanno a libbre 5760: così 144 sta ad un quarto termine che si troverà 209 e $\frac{5}{11}$ pollici, la cui radice dà 14 pollici e 5 linee pel diametro degli stantuffi.

1060. Il prodotto della macchina nel suo stato naturale, stando a quello di cui sarebbe capace se fosse perfetta, nella ragione composta dei quadrati dei diametri degli stantuffi e della velocità della ruota; in questi due casi si avrà il suo prodotto per l'ultimo dicendo: come 81 piedi $\times$ 2 piedi 7 pollici e 6 linee stanno a 209 $\times$ 2 piedi 8 linee, o come 213 sta a 429; così pollici 37 1/9 sta ad un quarto termine che si troverà 74 pollici d'acqua, quantità che fornirà la macchina ogni minuto quando sarà perfetta.

Siccome gli stantuffi che avessero 14 pollici e 5 linee di diametro sarebbero forse poco comodi in pratica, si potrebbe invece di quattro corpi di tromba farne agire 6 del diametro di 11 pollici e 9 linee, che produrrebbero insieme la stessa quantità d'acqua; ma non mi arresto a questa considerazione, poichè in questo caso non si tratta di esaminare di qual effetto avrebbe potuto esser capace questa macchina, se i corpi di tromba fossero stati costrutti come quelli che ho fatti fare per la macchina del ponte di Nostra Donna, e di cui si troveranno gli sviluppi nel Capo seguente.

1061. Abbiamo finora supposto che la ruota sia senza difetti, cioè che il numero delle palmette sia proporzionato alle loro larghezze ed al raggio, il che non si verifica; avendo questa ruota 8 palmette, mentre per agir bene ne dovrebbe aver 7 soltanto, secondo l'articolo 675; quando la ruota avrà la stessa velocità, l'azione dell'acqua nel primo caso starà alla sua

azione nel secondo, presso a poco come 3 sta a 4, perocchè ad una ruota di 10 piedi di raggio avente 8 palmette di 4 piedi di larghezza, quando ciascuna si trova verticale, essa non è urtata dalla corrente che pei 3/4 della sua larghezza; trovandosi coperto il restante dalla palmetta che la segue immediatamente; vedesi che non bisogna calcolare che su 3/4 della potenza che abbiam detto (1056) agire attualmente per far salire l'acqua; per conseguenza il difetto di questa macchina non deve essere totalmente imputato alla cattiva conformazione delle trombe.

1062. Che se invece di 7 palmette non se ne impiegano che 6 di 5 piedi di larghezza, succederebbe che trovandosi verticale e totalmente immersa nell'acqua, quella che la seguirà immediatamente non la coprirà punto perchè troverassi a fior d'acqua; il suo livello dividerà il raggio della ruota in due egualmente, come è facile convincersene; e la corrente invece di agire sopra una superficie di 4 piedi di larghezza, come abbiamo supposto nei calcoli precedenti, ne colpirà una di 5, e la potenza si troverà aumentata un quarto di più, o di 360 libbre, forza più che sufficiente per vincere l'attrito di cui può essere suscettibile la macchina nel caso del massimo effetto come vedrassi: allora essa darà almeno 74 pollici di acqua, cioè il doppio di ciò che attualmente produce, supponendo che la velocità della corrente sia ancora di 6 piedi e 2 pollici ogni secondo (1053).

1063. Per calcolare l'attrito di questa macchina considero che la resistenza che viene da questa parte, dipenda dal peso delle parti che sfregano e dalla lunghezza dei bracci di leva. Avendo cercata la solidità di un bilico, l'ho trovata di 20 piedi cubici, che moltiplicati per 60 libbre (650), danno 1200 libbre; e siccome le ferramenta che vi sono applicate, pesano circa libbre 560, ogni bilico peserà libbre 1760.

I triangoli ed i telaj di ferro che portano ciascuno stantuffo possono pesare 500 libbre, ed ogni braccio co' suoi ferri 360 libbre; quindi i registri che sostengono i perni di un bilico si troveranno caricati di 2620 libbre soltanto per parte degli attrezzi.

Benchè il braccio di leva della potenza che corrisponde alle manovelle, sia alquanto maggiore di quello che corrisponde al peso (1049), non lascieremo per facilitare il calcolo, di supporre nel mezzo dei bilici i perni che servono di punto d'appoggio; allora ciascuna estremità potrà essere considerata carica di un peso di 2228 libbre, (1055) che fanno insieme 4456 libbre, le quali sommate con le precedenti danno 7076 libbre pel peso di un bilico, e siccome ve ne sono sempre due che agiscono nello stesso tempo con tutta forza, raddoppiando questo numero si avranno 14152 libbre, la cui metà è 7076 libbre, che bisogna moltiplicare per un pollice, raggio dei perni (1054), e dividere il prodotto pel braccio di leva che corrisponde alla manovella (1054) che è di 129 pollici, si avranno circa 55 libbre per l'attrito dei perni ridotti alla manovella (249) da moltiplicare pel gomito della stessa manovella per poi dividere il prodotto pel raggio della ruota fino al centro d'impressione delle palmette, onde avere $\frac{\text{21 poll.} \times \text{55 libbre}}{90}$, che dà 13 libbre per la potenza che supera l'attrito dei bilici.

1064. Avendo pure valutato il peso dell'armatura, e delle ferramenta che compongono la ruota con quello delle manovelle che sono di ghisa,

ho trovato che tutto insieme pesava 12400 libbre, su la qual cosa giova osservare che le due colonne d'acqua che la ruota fa salire incessantemente, ben lungi dall'aggravare i registri, anzi li sollevano, perocchè la resistenza che oppongono agendo d'alto in basso tende a tirare le manovelle dal basso all'alto, e le tirerebbe difatti se la ruota fosse di un peso inferiore alla stessa colonna. Ecco adunque due potenze che agiscono secondo opposte direzioni, perciò bisogna sottrarre da 12400 libbre il doppio di 2228 lib. (1055) e rimarranno 7944 libbre pel carico relativo dei registri della ruota, la cui metà dà 3972 libbre, che moltiplicata per 5 pollici, raggio dei perni (1045) e diviso il prodotto per 96 (1046) diviene 206 7/8 libbre; cui aggiugnendo 13 libbre trovate prima, si avranno 217 libbre 7/8 per la potenza capace di vincere tutti gli attriti, eccetto quello degli stantuffi, a cui non ho riguardo per le ragioni riferite nell'art. 227; e siccome abbiamo 360 lib. di forza a ciò destinata vedesi che ne rimane una di libbre 140 7/8 che contribuirà a dare alla ruota una velocità che sarà un poco al di sotto del terzo di quella della corrente; che se si aggiungono libbre 219 7/8 a 1440 lib. si avranno lib. 1659 7/8 per la potenza che vince il peso e l'attrito.

Tutti i calcoli precedenti, essendo fondati in principj incontestabili, sembra che facendo i corpi di tromba di 14 pollici e 5 linee di diametro, la macchina debba necessariamente produrre 75 pollici d'acqua ogni minuto, quando il fiume avrà 6 piedi e 2 pollici di velocità ogni secondo; tanto più che avuto riguardo a tutte le resistenze che la potenza avrà da sormontare, le rimarrà ancora 140 7/8 libbre di forza; nondimeno faremo vedere che il prodotto diverrebbe molto minore se non si correggesse un difetto a cui i macchinisti non hanno riguardo, perchè non ne conoscono le conseguenze.

1065. Quando abbiamo calcolato l'azione dell'acqua contro le palmette, abbiamo supposto, come si fa d'ordinario, che fossero sempre colpite in pieno, secondo una direzione perpendicolare; ma ciò non può succedere che per intervallo, come si è fatto conoscere nell'art. 676 mentre allorchè, l'angolo B A I, Tav. 11 fig. X, formato dai raggi A B, A I trovasi diviso in due parti eguali dalla verticale A K, ed il livello dell'acqua passa pel punto I, medio del raggio A C, la prima palmetta F B non tuffa nell'acqua che per l'altezza D B obliqua alla corrente; ora se in questa situazione l'impulso della corrente si trova inferiore alla potenza su cui si aveva calcolato, succederà che per intervallo la ruota avrà una velocità minore di quella del terzo della corrente, il che non potrà a meno di ritardarne l'effetto, come or ora vedrassi.

Il triangolo A B I, essendo equilatero, il quadrato della perpendicolare A K sarà 3/4 di quello del lato A B, che supporremo diviso in 1000 parti eguali, allora si troverà che la perpendicolare ne contiene 866, da cui sottraendo la parte A H di 500, poichè è eguale alla metà del raggio, ne rimangono 366, per la parte H K = D E, mentre i triangoli simili D B E, B A K, danno A K = 866 : A B = 1000 :: D E = 366 : D B = = 422.

Se la palmetta F B fosse nella situazione verticale H C, l'urto che riceverebbe starebbe a quello che può ricevere la superficie D E della stessa base, come H C sta a D E; si avrà dunque come H C = 500 sta a D E = 366, così 1800 libbre sta ad un quarto termine che si troverà 1317; ma

si è veduto nell'art. 583, che l'impressione di una corrente contro una superficie DE sta alla sua impressione contro un'altra inclinata DB, come DB a DE, o come AB = 100 sta ad AK = 866; si avrà dunque come AB = 100, sta ad AK = 866, così 1317 sta ad un quarto termine che si troverà 1140 libbre, per l'azione della corrente quando la ruota si trova nella situazione più svantaggiosa, invece di libbre 1800, che corrisponde alla situazione opposta; e se si paragonano queste due azioni, troverassi che possono essere espresse da $\frac{19}{30}$; vedesi adunque che la corrente per agire su la parte BD con 1659 7/8 di forza, deve avere una velocità rispettiva più grande dei 2/3 della velocità totale, che per conseguenza la velocità della palmetta FB sarà minore del terzo di quella della corrente, ma andrà sempre crescendo finchè sia giunta nella verticale AC.

1066. Si può rimediare in parte a questo inconveniente abbassando la ruota in guisa che gli orli superiori F e G delle palmette nei casi più svantaggiosi corrispondano al livello OP dell'acqua; non si avrà altra perdita che per parte dell'obliquità della corrente di cui ecco il consumo.

Supponendo che la linea RD esprima la velocità rispettiva della corrente, e che si abbassi RS perpendicolare ad FB, si conduca FQ parallela ad AK, e si faccia FB od HC = a; FQ = b; RD = m; RS = n; allora si avrà $m^2 a$ per la forza rispettiva della corrente contro la palmetta FB, quando si troverà nella situazione verticale HC, ed $n^2 a$ quando sarà nella situazione più svantaggiosa; ma siccome i triangoli simili RSD, FQB, danno RD = m : RS = n :: FA = a : FB = b, ovvero $m^2 : n^2 :: a^2 : b^2$, se si moltiplicano i termini di questa proporzione per a, si avrà $m^2 a : n^2 a :: a^3 : b^2 a$; ovvero $m^2 a : n^2 a :: a^2 : b^2$; che dimostra che l'urto dell'acqua contro la palmetta verticale sta al suo impulso contro la palmetta obliqua, come il quadrato di FB sta al quadrato di FQ; ma siccome l'ultimo è 3/4 del precedente, ne segue che l'urto nei due casi estremi sarà come 4 a 3, e per conseguenza l'impressione dell'acqua nel caso più svantaggioso sarà di 1350 libbre, che è inferiore alla potenza di libbre 1659 7/8 (1064).

1067. Le analogie precedenti potendo essere applicate a tutte le posizioni che prenderà la palmetta FB, descrivendo l'arco BC di 30 gradi, vedesi che prendendo l'ipotenusa FB del triangolo rettangolo FBQ pel seno totale, i quadrati di tutti i seni FQ degli angoli FBK, cioè di tutti i seni che sono tra 60° e 90° esprimeranno i diversi urti dell'acqua nel passaggio della palmetta FB, dal caso più svantaggioso a quello del massimo effetto.

Se nel quadrante circolare ABC, Tav. 11, fig. Y, si fa la corda BD eguale al raggio AC, l'arco DA sarà di 30°, e il triangolo DBC si troverà equilatero; allora il quadrato della perpendicolare DE essendo 3/4 di quello del raggio CA, tutti i quadrati dei seni LI, rinchiusi nel segmento ADEC, potranno esprimere le diverse impressioni dell'acqua nei due casi estremi.

1068. Siccome fra tutti i quadrati di cui parliamo ve n'ha uno medio, che essendo moltiplicato per la linea EC dà un prodotto eguale alla somma di tutti gli altri; è certo che se l'impulso che esprime questo quadrato medio si trova eguale, o un po' minore di una potenza di 1670 libbre; quest'impulso potrà esser preso per una forza media fra quelle di 1350 libbre

e 1800 Per conoscere la cosa bisogna prendere sul prolungamento di EG la linea GF eguale a GA, per avere il triangolo rettangolo ed isoscelei FGA, che dà AK = HK = IC, d'onde si deduce $\overline{LC}^2 - \overline{IC}^2 = \overline{LI}^2$, ovvero $\overline{AC}^2 - \overline{HK}^2 = \overline{IC}^2$, ovvero $\overline{KI}^2 - \overline{HK}^2 = \overline{LI}^2$; a siccome ciò sussisterà del par a qualunque punto dell' altezza GA si conduca la linea HI, ne segue che la somma di tutti i quadrati degli elementi del rettangolo AGEC, meno la somma di tutti i quadrati degli elementi del triangolo AFG, è eguale alla somma dei quadrati dell' elemento del segmento ADEC. Ora se si ponga AC ovvero $KI = a$; EC o GA, o GF sarà $\frac{a}{2}$; allora la somma di tutti i quadrati degli elementi del rettangolo AGEI, sarà $a^2 \times \frac{a}{2}$, e quelle del quadrato degli elementi del triangolo AFG, che compone una piramide, sarà $\frac{a^2}{4} \times \frac{a}{6}$ la cui differenza con la precedente dà $\frac{a^3}{2} - \frac{a^3}{24}$, ovvero $\frac{11a^3}{24}$ per la somma di tutti i quadrati del segmento ADE, che diviso per $\frac{a}{2}$, diviene $\frac{11a^2}{12}$, il che dimostra che il quadrato medio è eguale ad $\frac{11}{12}$ del quadrato del raggio; d' onde si può conchiudere che l' azione media della corrente fra i due casi estremi è eguale ad $\frac{11}{12}$ del suo impulso contro la palmetta verticale; quindi moltiplicando 1800 libbre per $\frac{11}{12}$ si troveranno 1650 libbre per la potenza media cha deve muovere la macchina nel caso del massimo effetto. Si può dunque conchiudere che la velocità media della ruota si troverà presso a poco eguale al terzo di quella della corrente, e per conseguenza la macchina produrrà 74 pollici d' acqua.

Da tutto ciò che precede dedurrò varie massime che non bisogna perdere di vista quando si tratterà di regolare le proporzioni delle parti di una macchina messa in moto dalla corrente di un fiume.

1069. Una ruota a sei palmette è preferibile a quella che ne ha maggior numero, perchè queste possono avere per altezza fino la metà del raggio.

1070. Bisogna sempre che la ruota sia immersa nell' acqua in modo che il suo livello copra il margine superiore delle due palmette che si trovano egualmente distanti dalla verticale, perchè allora in una ruota a sei palmette l' azione media della corrente non è inferiore a quella dell' effetto massimo se non di $\frac{1}{12}$.

1071. Dopo aver determinato la lunghezza e la larghezza delle palmette, non si deve calcolare che sugli $\frac{11}{12}$ *della loro superficie per regolare il peso che la macchina potrà innalzare* onde aver riguardo alle variazioni della ruota.

1072. Dopo che si sarà trovata la potenza media, per avere il peso, bisogna far entrare nel calcolo la resistenza cagionata dall' attrito per non valutare il peso più di quello che deve essere.

1073. La valutazione della potenza non deve farsi che sulla velocità che avrà la corrente nel tempo *delle acque medie ed osservare se le palmette po-*

trarino allora essere totalmente immerse, perchè in difetto di tali avvertenze, si farebbe forse troppo grande il cerchio degli stantuffi e la macchina sarebbe in pericolo di fermarsi nei tempi di *magre*.

1074. Per non aver nulle a temere dalla diminuzione della corrente, fa duopo conoscere la sua velocità nel tempo delle acque basse e *vedere se la sua forza assoluta sarà superiore alla potenza che deve vincere il peso e l'attrito*. Se ciò avviene si sarà certi che la macchina non si arresterà, e in vece se la forza assoluta della corrente si trovasse inferiore alla potenza, bisognerebbe necessariamente diminuire il peso, cioè i diametri degli stantuffi.

1075. Per ridurre i calcoli precedenti a regole generali delle quali si possa far uso indipendentemente dalla Tavola III, si consideri che quando si ha la *velocità* di una corrente, *la superficie delle palmette* e la *potenza* applicata ed una macchina, si potrà sempre trovare la *velocità della ruota* e per conseguenza quella del peso; perocchè chiamando V la velocità della corrente; x quella della ruota; s la superficie *ragguagliata* di una palmetta; p la potenza, si avrà $V-x$ per la velocità rispettiva della corrente contro le palmette, il cui quadrato diviso per 60 dà $\frac{(V-x)^2}{60}$, per l'altezza della caduta capace di questa velocità (602), cui bisogna moltiplicare per 70 libbre ond' avere l'espressione della forza rispettiva della corrente contro una superficie di un piede quadrato che sarà $\frac{(V-x)^2}{60} \times 70$, ovvero $V-\sqrt{\frac{6}{7} \times \frac{p}{s}}=x$, formola che dimostra che *per avere la velocità della ruota bisogna dividere la potenza per la superficie di una delle palmette, moltiplicare il quoziente per 6/7, estrarre la radice quadrata del prodotto, sottrarla dalla velocità della corrente, e la differenza dà la velocità della ruota*.

1076. Se si trattasse di una macchina esistente di cui fosse conosciuta la velocità della ruota e si trovesse minore di quella stabilita col calcolo, la differenza sarà cagionata dall'attrito della macchina o dal difetto di alcuni pezzi. *Per conoscere quale potenza superi gli ostacoli, bisognerà sottrarre dalla velocità della corrente le due velocità della ruota, quadrare le differenze per avere il rapporto dell'urto dell'acqua in questi due casi; e moltiplicandone i termini per $\frac{7}{6}$ i prodotti daranno gli urti reali, e la loro differenza la forza impiegata per superare gli attriti.*

1077. Per giudicare dell'effetto della macchina negli stessi casi, chiameremo q il peso, u la velocità di esso, e b quella che deve avere la ruota relativamente al peso; allora la quantità di moto della potenza e del peso daranno nel primo caso $(V-b)^2 \times b\,s \times 7/6 = q\,u$, invece che nel secondo essendo il primo prodotto sempre maggiore dell'altro, si avrà $\frac{q\,u}{(V-b)^2 \times b\,s \times 7/6}$ *pel rapporto dell'effetto della macchina a quello che dovrebbe fare*.

1078. Se si conoscesse la velocità della ruota, e la potenza capace di superare il peso e l'attrito, e si volesse ottenere la velocità della corrente che chiameremo x, la prima formola diverrà $(x-b)^2 \times 7/6 \times s = p$; d'onde si deduce $x=\sqrt{\frac{6}{7} \times \frac{p}{s}}+b$

1079. Così per avere la formola che possa servire a calcolare tutte le macchine *nel caso del massimo effetto*, si osservi che chiamando ancora V la ve-

locità della corrente, u quella del peso; S la superficie media di una delle palmette, si avrà $V^2 \times 776 \times S$ per la potenza che equilibrerebbe il peso e l'attrito (1076) che bisogna moltiplicare (595) per 4/9, ed il prodotto per $\frac{V}{3}$, velocità che deve avere la ruota; si avrà $V^3 \times S \times \frac{14}{51}$ per la quantità della potenza che dovendo essere eguale alla quantità di moto del peso, dà $V^3 \times s \times \frac{14}{51} = q \times u$, formola generale con cui si potrà sempre conoscere una delle quattro grandezze V, u, s, p, mediante la conoscenza delle altre tre.

1080. Per esempio, *ond'avere il peso* che la macchina deve innalzare, si avrà $\frac{V^3 \times S \times \frac{14}{51}}{u} = q$, che dimostra *che bisogna moltiplicare il cubo della velocità della corrente, per la superficie media di una delle palmette, ond' avere un primo prodotto che bisogna moltiplicare per $\frac{14}{51}$, e dividere questo secondo prodotto per la velocità che deve avere il peso; e se dal quoziente si sottrae la resistenza cagionata dall'attrito si avrà il peso reale che la macchina deve innalzare.*

1081. Che se si volesse conoscere *la velocità della corrente*, la formola diverrà $V = \frac{\sqrt[3]{q \times u \times \frac{51}{14}}}{s}$, la quale dimostra, *che bisogna moltiplicare la quantità di moto del peso per $\frac{51}{14}$, e dividere il prodotto per la superficie media di una delle palmette, ed estrarre la radice cubica del quoziente.*

1082. Del pari volendo conoscere *la superficie ragguagliata di ciascuna palmetta*, si avrà $s = \frac{q \times u \times \frac{51}{14}}{V3}$, che dimostra *doversi moltiplicare la quantità di moto del peso per $\frac{51}{14}$ e dividere il prodotto pel cubo della velocità della corrente.*

1083. Finalmente volendo avere la velocità del peso, si avrà $\frac{V^3 \times S \times \frac{14}{51}}{q} = u$, che dimostra *essere duopo moltiplicare il cubo della velocità della corrente per la superficie di una delle palmette, ond'avere un primo prodotto cui bisogna moltiplicare per $\frac{14}{51}$, e dividere il secondo prodotto pel peso, compresovi l'attrito.*

Vedesi che i calcoli precedenti possono essere applicati ad ogni specie di macchine mosse da una corrente, qualunque ne sia la costruzione, senza badare alla lunghezza delle braccia di leva.

Descrizione delle trombe per estinguere gl' incendj.

1084. Nessuno ignora la necessità di avere in una città varie trombe mobili per estinguere gl' incendj e di munirsi a dovizia di quanto può

dare un pronto soccorso, allorchè sventuratamente si attacca il fuoco a qualche quartiere; altrimenti è da temere che in poco tempo si consumi gran numero di case, specialmeute quando l'attività del fuoco è alimentata da un vento impetuoso.

Non vi è paese in cui la polizia per tal caso sia meglio intesa che nei Paesi Bassi e nell'Alsazia; in ciascuna città vi è una casa in cui si racchiudono più trombe, con un gran numero di secchi di cuojo, scale, ramponi di ferro, tine, ec. Vi sono pure dei secchi sparsi in tutti i quartieri diversi e principalmente nelle case dei magistrati ove sono sospesi ai palchi dei loro vestiboli come segno d'onore.

Quando il fuoco scoppia in qualche luogo, la vedetta suona a stormo; se è di notte espone una fiaccola accesa verso la parte ove scoprì l'incendio, se è di giorno una bandiera rossa. Nelle piazze di guerra al primo tocco di campana si batte la generale, la guarnigione piglia le armi per impadronirsi dei posti indicati dal comandante, si pongono distaccamenti a tutti gli sbocchi corrispondenti al luogo ov'è l'incendio, per impedire il disordine e per prevenire le sorprese che i nemici potrebbero tentare su la piazza. Durante questo tempo tutto è in moto nel palazzo municipale, avendo ciascuno il suo impiego assegnato dal magistrato; e per eccitare l'emulazione, quello di Strasburgo ha stabilito degli uffiziali in ogni quartiere incaricati di dirigere le manovre che debbono eseguire nei casi d'incendio; l'ufficiale che arriva primo al luogo che si deve soccorrere è ricompensato con una certa somma pagata dalla città, il secondo ha nn premio minore e così il terzo; ma quello che arriva per l'ultimo è obbligato a pagare un'ammenda che fa parte della ricompensa dei più diligenti, a meno che non sia nell'impotenza di trovarsi al proprio dovere.

D'altronde tutti i religiosi mendicanti che sono di grande soccorso in tali casi, partono dal loro convento muniti di secchi loro proprj e di quelli che raccolgono per via, si portano al sito dell'incendio per dar prove del loro zelo esponendosi ai più grandi pericoli.

Si collocano le trombe nei luoghi più comodi per lanciare l'acqua; e siccome ne consumano molta, si prendono tutte le necessarie misure perchè non ne possano aver difetto. Si dispongono in fila dai due lati della strada che vanno all'incendio tutti gli abitanti per passarsi di mano in mano i secchi pieni d'acqua, il che eseguiscono i più forti che si pongono da una parte, mentre i più deboli che si pongono dall'altra li rimandano vuoti fino al luogo ove si cava l'acqua; di modo che trovandosi le trombe al centro della manovra, sono alimentate d'acqua da ogni parte, e siccome sono circondate da più tine ove si scarica l'acqua che non può essere consumata all'istante, succede che comunque sieno distanti dal fiume e dai poggi, sono sempre ben servite.

Sciaguratamente se il vento spinge vivamente il fuoco e vi sia timore che s'attacchi alle case vicine, si abbattono tosto quelle che sono più minacciate dall'incendio per impedirgli la via. Dietro ciò, ecco la descrizione delle più belle trombe che conosco.

1085. La tavola 13 contiene gli sviluppi di una tromba eseguita a Strasburgo: siccome è rappresentata in tutti gli aspetti mi appagherò di darne una leggera spiegazione. Vedesi primieramente essere composta di una grande vasca su quattro ruote con timone per essere tirata da cavalli. Al

fondo di questa vasca sono attaccate sopra una piattaforma due corpi di tromba D, di 4 pollici di diametro, uniti ad una forchetta E, che termina al tubo ascendente H, alla cui estremità vi è un altro tubo I che serve a diriger l' acqua, come diremo più sotto; in ciascun corpo di tromba agisce uno stantuffo per 8 o 10 pollici d' innalzamento corrispondente a verghe di ferro sospese alle leve o bilancieri F G, che fanno aspirare e premere gli stantuffi alternativamente per l' azione degli uomini che vi sono applicati; la vasca è divisa in due parti da una tramezza piena di fori; l' una serve a collocarvi i corpi di tromba e l' altra a ricever l' acqua che deve essere premuta. Non mi occupo delle valvole che si suppongono collocate al fondo dei corpi di tromba e sotto la forchetta che loro è unita; non dico nulla degli stantuffi che sono massicci e circondati da fascie di cuojo, come al solito, essendo facile immaginare questi piccioli dettagli dopo tutto ciò che è stato detto su le trombe nel capitolo precedente.

1086. Ecco un' altra tromba simile alla precedente, ma il cui maneggio sembra più comodo; essa fu eseguita ad *Ipres*, e se ne è fatto uso parecchie volte a Parigi con molto successo, cosicchè si ritiene la migliore della città. Essa è composta di una gran vasca posata sopra un traino; questa vasca nella sua lunghezza è divisa in tre parti eguali dalle tramezze VX, Tavola 14, figura 2, 3 e 4, penetrate da molti fori, perchè versando l'acqua ne' serbatoj T non possa col passare nel mezzo trascinare delle immondizie. I corpi di tromba sono collocati in S muniti delle loro valvole, stantuffi e braccia, come vedesi rappresentato particolarmente nella figura 4.

Vedesi nella prima figura che gli stantuffi E, F sono attaccati ad un bilanciere C D, attraversando un asse A B che póggia sui sostegni B I, rappresentati nella figura 2, che è una veduta esterna della tromba in prospettiva; alle estremità di quest'asse sono attaccati dei sostegni di ferro B O, ciascuno de' quali porta un pezzo di legno L M od O P che può agire liberamente intorno alla cavicchia su cui è in equilibrio: a questi pezzi è attaccato un numero di cavicchie di legno M, in forma di manichi, a' quali sono applicati tanti uomini spingenti innanzi e indietro come fanno i rematori e danno moto all' asse che fa agire gli stantuffi; il che è facile immaginare considerando anche la prima figura relativamente alla seconda, le parti G H, I K, non essendo altro che la rappresentazione dei remi L M, O P.

Nella figura 4 si sono messe tutte le parti essenziali a questa tromba meritevoli di qualche attenzione; e per far vedere l' effetto delle diverse valvole si è supposto che le une come I, G fossero coniche, e le altre K, H fatte a diaframma. Riguardo al tubo B che corrisponde alle braccia L, M, si vede che è munito di una scatola a due manichi A a madrevite internamente con un margine interno, il cui diametro è dello stesso calibro del tubo B che non può abbandonare e di cui ecco l'uso. Esso è un tubo a gomito e tagliato a vite alle sue estremità, e la superiore deve accomodarsi ad un altro tubo D. E è una seconda scatola a dado come la prima A, colla sola differenza che non ha manichi per girarla perocchè essendo più piccola può essere maneggiata più agevolmente. D è un tubo lungo 7 piedi circa, che serve a dirigere l'acqua e perciò va diminuendo verso l' estremità.

Per mettere a sito la forchetta col suo ginocchio, si fa entrare l'estre-

mità del tubo B nell'altro a gomito C; allora questi due pezzi si trovano uniti in modo che il superiore può girare liberamente intorno al tubo immobile B onde poter lanciar l'acqua da qual parte si vuole; poscia si fa entrare fino alla vite nel tubo D l'estremità superiore del tubo a gomito C che si unisce per mezzo della scatola E, il cui dado si adatta alla vite di cui parliamo, la quale non impedisce al tubo D di girare per dirigerlo più alto o più basso, secondo si trova disposta la curvatura.

La parte superiore del mezzo della parte del vaso in cui sono collocati i corpi di tromba è coperta da un tavolato su cui sta quello che guida il tubo D, comodità essenziale che non è usata nelle trombe ordinarie.

1087. Le figure 4, 5 e 6 della Tavola 15 comprendono il profilo, la pianta e l'alzato di una tromba diversa dalle due precedenti, e quale si vede in varie città d'Olanda: essa è composta di un vaso diviso in tre parti da due tramezze traforate da varj pertugi, acciò l'acqua versata nei serbatoj O e P, giunga più pura alla divisione di mezzo ove sono le trombe così disposte.

Nel mezzo vi è un cilindro Q, coperto di un capitello fermato da viti, col contorno munito di animelle di cuojo, di modo che l'aria non vi possa nè entrare nè uscire; questo cilindro è unito a due corpi di tromba diametralmente opposti, i quali, per l'azione del loro stantuffo, fanno entrar l'acqua nel recipiente Q passando per le comunicazioni N, M che si aprono e si chiudono alternativamente coi diaframmi A, secondo che gli stantuffi s'innalzano o si abbassano. Il perimetro dei corpi di tromba è traforato inferiormente al di sotto delle valvole K, L, che è il punto per cui l'acqua s'introduce allorchè s'innalza ciascun stantuffo, di cui si conoscerà l'effetto considerando che l'acqua da essi aspirata per riempiere ciascun corpo di tromba è premuta in un recipiente, da cui l'aria non potendo uscire appena che il foro B si trova sormontato dall'acqua, va a riunirsi verso la sommità del recipiente in cui si condensa sempre più, a misura che l'acqua vi entra in maggior quantità, perocchè il foro B, essendo più piccolo del cerchio degli stantuffi, entra più acqua nel recipiente che non ne può uscire nello stesso tempo; quindi essa è premuta di continuo, non solo perchè vi sono due stantuffi che agiscono alternativamente, ma ancora perchè la superficie dell'acqua del recipiente è premuta d'alto in basso dalla elasticità dall'aria, che preme con una forza presso a poco eguale a quella che s'imprime agli stantuffi; di modo che l'acqua è lanciata continuamente con una velocità che ad un dipresso è sempre la stessa, malgrado l'ineguale azione di quelli che sono applicati al bilanciere E F le cui estremità sono forcute, come vedesi nella figura 6, per potervi infilare un manico lungo a sufficienza onde 5 o 6 uomini possano agire di fronte. Questa figura fa anche vedere il tubo di cuojo D che si adatta con una scatola di bronzo C corrispondente al foro B per cui l'acqua è spinta nel tubo per essere diretta mediante il tubo E nei luoghi incendiati che non possono essere veduti dal luogo ov'è collocata la tromba. Del resto, siccome questa tromba è della stessa specie di quelle menzionate negli articoli 881, 886, non mi arresterò di più, bastando la semplice considerazione dello spaccato a far conoscere il meccanismo che le è proprio.

1088. Perault, nel suo commentario su Vitruvio, pag. 318, fa menzione

di una tromba della stessa specie della precedente, che a' suoi tempi era nel Gabinetto della Biblioteca del re, la quale, dice l'autore, *serve a lanciare l'acqua molto alta negl' incendj: ciò che questa macchina presenta di particolare ad eccezione delle altre di questa specie, le cui descrizioni si vedono nel libro delle forze motrici di Salomone di Caux, si è che con un solo stantuffo, per mezzo dell' aria, l' acqua è spinta in modo che ha un corso continuo e non interrotto quando lo stantuffo aspira l' acqua.*

Per giudicarne si consideri la prima figura composta di un corpo di tromba A, Tavola 15, il cui fondo ha un foro chiuso da una valvola per ricever l' acqua della vasca, in cui si suppone collocata questa macchina. Questo corpo di tromba è unito ad un recipiente B per mezzo di un tubo di comunicazione C, avente nel punto E una valvola per impedire che l'acqua entrata nel recipiente ne possa uscire. Questo recipiente, che è ben chiuso da tutte le parti, contiene nel mezzo un tubo F D che discende quasi fino al fondo.

Quando si fa agire la leva H, a cui è sospeso lo stantuffo, l'acqua entra dapprima nel corpo di tromba e nel recipiente fino ad una certa altezza al di sopra dell' orifizio D, che trovandosi sommerso, l'aria rinchiusa nel recipiente, che non ne può più uscire, si comprime sempre più a misura che si empie il recipiente: ora siccome ogni volta che lo stantuffo preme il recipiente riceve più acqua che non ne può uscire dal tubo F D il cui orificio superiore è molto più picciolo del cerchio dello stantuffo, succede che non solo l' acqua è lanciata con molta velocità nel tempo che preme lo stantuffo, ma che ascende ancora presso a poco alla stessa altezza nel tempo dell' aspirazione per l' azione dell' elasticità dell' aria che preme la superficie dell' acqua onde rimettersi nel suo stato naturale, come nell'articolo 881; ed ecco l' enigma di meccanica indovinato da Fay, Storia dell' Accademia, anno 1725, pag. 78, quando vide a Strasburgo una tromba che agiva senza interruzione, quantunque con un solo stantuffo, della qual cosa Giacobbe Leupold faceva un mistero come di cosa nuova.

La seconda figura rappresenta un altro modo di costruire la macchina precedente, facendo in guisa che l' acqua sia lanciata dall'orifizio B a lato del recipiente A e non dal vertice, e sonovisi adattati due corpi di tromba, affinchè una delle leve E od F possa lavorare in difetto dell' altra. Riguardo al cerchio D si suppone che indichi la superficie dell' acqua nel recipiente, all'istante in cui lo stantuffo premendo è giunto al più basso, e che in seguito è disceso in C al termine dell' aspirazione.

1089. Ecco una fontana artificiale, che agisce per la condensazione dell' aria immaginata da Jerone, celebre matematico d'Alessandria, e che mi sembra tanto ingegnosa da non essere trascurata in quest' opera: essa è composta di due vasi cilindrici eguali A B C D, E F G H, figura 3, ciascuno chiuso da due fondi I K, C D ed E F, G H, il primo de' quali I K è a qualche distanza dal margine AB per formare un picciolo bacino I A B K; questi due vasi sono tenuti insieme da un cilindro vuoto 4, 5 a traverso del quale passa un tubo R S, uno de' cui orifizj R è saldato al fondo I K del bacino e l' altro S corrisponde ad una picciola distanza del fondo G H; la superficie di questo tubo è mantenuta al fondo C D, E F in Y ed in Z.

Quindi vi è un secondo tubo T V, una delle cui aperture V è sal-

data col fondo EF, e l'altra T è tanto distante dal fondo IK, come S lo è da GH: questo tubo ha pure la superficie saldata al fondo CD nel luogo X; finalmente il fondo IK è attraversato da un tubo PQ, la cui apertura Q è distante dal fondo CD quanto lo sono T ed S da quelli che loro corrispondono: a questo terzo tubo è adattato uno zampillo P di 2 o 3 linee di diametro: inteso ben questo, ecco l'azione di tal macchina.

Si comincia dal levare lo zampillo P onde versar l'acqua più comodamente nel vaso CIKD fino all'altezza LM dell'orifizio T del tubo TV, per cui si cessa dal versarne quandu si sente discendere nel vaso GF; si rimette lo zampillo e se ne chiude il foro; poscia si versa dell'acqua nel bacino IABK, la quale discendendo dal tubo RS va a rendersi nel vaso GF ove non ne può entrare che fino ad una certa altezza NO, perocchè l'aria di cui quest'acqua occupa il posto venendo a condensarsi impedisce che ne entri di più: tutte le colonne d'acqua comprese nello spazio GNOH, e che hanno per altezza NG, tendendo a salir alto come la colonna compresa nel tubo RS, l'elasticità dell'aria rinchiusa negli spazj NF, LK si trova aumentata da una forza equivalente al peso di una colonna d'acqua che avrebbe per base il cerchio LM e per altezza KO.

Se si apre lo spillo l'elasticità dell'aria premendo la superficie LM dell'acqua CM, la farà zampillare ad un'altezza presso a poco eguale a KO e continuerà lo stesso finchè vi sarà acqua nel vaso CK, mentre quella che esce ricadendo nel bacino IB ritorna nel vaso GF, vi occupa il posto dell'aria che è passata nel vaso CK, in cui si trova sempre egualmente condensata, poichè l'acqua non facendo che uscire dal vaso superiore per ritornare nell'inferiore, la macchina ne conterrà sempre una quantità eguale; ma l'orifizio Q del tubo PQ non pescherà più nell'acqua; allora l'aria trovando un luogo per sfuggire, la macchina cesserà di agire.

Per farla agire di nuovo si fa uscire da un foro praticato tutta l'acqua al fondo GH, che è entrata nel vaso inferiore, e dopo averlo richiuso si mette la macchina in istato di ricominciare.

Mentre siamo sul discorso degli effetti dell'aria e dell'acqua, credo che non sarà inutile di far menzione di un modo di soffiare nel fuoco delle fucine, ben diverso da quello che si adopera d'ordinario, ma che non può aver luogo che nei paesi di montagna da cui discende dell'acqua come in Provenza, ov'è molto usitato il mantice che mi accingo a descrivere, trovandosi lungo Lisera tra Ramand e Grenoble, cinque o sei fucine che non ne hanno d'altra specie.

1090. La prima figura della Tavola 16 comprende la pianta del fabbricato di una di queste fucine, colla posizione del mantice relativamente al foruello; questo mantice è composto di un tino HI roveściato, a base ovale, avente 7 piedi di lunghezza per 3 o 4 di larghezza, rappresentato dalle figure 3 e 4; i suoi margini sono interrati per 5 o 6 pollici onde l'aria esterna non vi possa entrare. Sul fondo di questo tino sono applicati due tubi di legno B, C di 10 o 12 piedi d'altezza, in mezzo ai quali si attacca pure sul fondo superiore una specie di piramide G fatta di tavole avente verso la sommità un terzo tubo D che conduce il vento alla fucina; tutti questi pezzi sono ben commessi e calafatati col tino in modo che l'aria non abbia verun passaggio per le commessure.

Un picciolo canale di un piede di larghezza per 7 ad 8 pollici di

altezza, e che si divide in due braccia E, F, conduce l'acqua nei tubi B, C in quantità più o men grande, secondo che si vuole aumentare o diminuire l'azione del vento, il che è regolato dai fabbri con una picciola paratoja situata all'imboccatura A del canale. Siccome i tubi B, C sono traforati verso la sommità con più fori inclinati internamente per cui s'introduce l'aria, succede che l'acqua cadendo ne trascina seco nella tina una grande quantità, la quale trovandosi compressa cerca di dilatarsi e non avendo altr' uscita che pel tubo D che va diminuendo verso l'estremità, ne esce impetuosamente e va a soffiare il fuoco della fucina con tanta forza che talvolta si è costretti a lasciarne sfuggir una parte per un piccolo foro praticato al vertice della piramide G, non lasciandolo agire liberamente se non quando si hanno grandi pezzi da battere.

Nella vasca, sotto ciascuno dei tubi B, C, si colloca una specie di sgabello H, acciò l'acqua spruzzandovi sopra possa separarsene più agevolmente l'aria, dopo di che l'acqua esce per un rigagnolo che è sempre tenuto chiuso acciò l'aria non possa fuggire per l'apertura che necessariamente si deve fare nel tino.

Aggiugnerò che la 5.ª figura rappresenta una ruota che gira in forza della corrente del canale praticato presso la fucina, come vedesi nella figura 1 in K Q; che l'albero L di questa ruota volge un maglio M il cui manico è appoggiato in N, e che s'interrompe il moto della ruota per mezzo di una paratoja posta in Q, la quale s'innalza e si abbassa per mezzo della leva Q P.

1091. Mariotte, nel suo Trattato del moto delle acque, fa menzione alla pag. 68 di un modo di mantice simile al precedente ma alquanto diverso come se ne può giudicare dalla figura 2. « È noto, dice quest'autore, che » in molti luoghi si fa uso di certi soffioni per fondere i minerali di ferro » nei fornelli il che si fa in tal modo. Si ha un tubo di legno o di banda » stagnata, Tav. 16, fig. 2, di 14 o 15 piedi d'altezza e di un piede di » diametro, che è saldato in un tino rovesciato, di mediocre ampiezza, » la cui parte inferiore è poggiata sopra il terreno in guisa che per poca » quantità d'acqua vi cada, chiude le aperture e l'aria non vi può più » passare; si lascia alla parte superiore del tubo un'apertura di tre o » quattro pollici di diametro in cui si mette un imbuto colla gola della » stessa grossezza; vi si fa cadere da 15, 20 o 30 piedi d'altezza l'acqua » di qualche fontana, la cui vena cadendo sia larga presso a poco quanto » l'apertura dell'imbuto, in guisa che non vi si possa ammassar acqua » che per 5 o 6 pollici di altezza; quest'acqua cadendo trascina seco » molta parte dell'aria che la segue fino sotto l'imbuto, a cagione della » gravità dell'acqua che continua a cadere e della velocità del suo moto: » a lato del tino si mette un tubo che si va restringendo fin presso il » foro del fondo del fornello, ove dev'essere soffiato il carbone; e l'aria » premuta e chiusa nel tino non potendo uscire pel di sopra a motivo » dell'impetuosa caduta dell'acqua che occupa il foro dell'imbuto, nè per » di sotto poichè l'acqua vi si innalza al di sopra 1 piede o 2 delle fenditure che rimangono fra la terra del fondo e le doghe della tina, è co» stretta ad uscire con grandissima forza dall'estremità del canale in guisa » che fa lo stesso effetto per soffiare il carbone come i più grandi man» tici di cuojo usati nelle officine. »

Ho saputo da un mio amico che ha viaggiato molto in Italia, che presso Salò, sul lago di Garda, e presso Roma nella montagna di Tivoli esistono fucine ove sono impiegati i mantici di cui si parla.

1092. Presso Valenciennes nel 1733 e 1734 si è costrutta una fonderia per la fabbrica delle palle da cannone il cui fornello è animato da un mantice recentemente immaginato in Inghilterra: l'acqua non vi ha nessuna parte e si riduce a far circolar l'aria in un modo che si dice molto ingegnoso e che produce un effetto sorprendente. Siccome io non l'ho veduto e non ho potuto averne che un' idea molto imperfetta, non mi accingerò a spiegarlo in questo luogo, riserbandomi a darne la descrizione tosto che me ne sarò istrutto da me stesso; e troverassi nel Volume I, Parte II di quest' opera.

Descrizione della macchina di Marly.

1093. Non sembra che siasi mai eseguita macchina che abbia fatto tanto strepito come quella di Marly; può essere posta nel novero di quelle opere maravigliose che erano riserbate alla magnificenza di Luigi il Grande: infatti non era che da questo monarca il costringere un fiume come la Senna ad abbandonare il suo corso naturale per salire alla sommità di una montagna così elevata come quella da cui cade attualmente. I poeti hanno fatta fare ai loro Eroi cose maravigliose col soccorso degli Dei; ma questo gran Monarca, senza ricorrere alla finzione, trovò nelle proprie finanze e nell'ingegno di coloro che cercavano di contribuire alla sua gloria tutto ciò che occorreva per eseguire i suoi vasti disegni. La situazione ch' ei stesso scelse nella foresta di Marly per edificarvi un castello può essere considerata una delle più belle del mondo: un' esposizione felice, una vista incantevole fornivano per parte della natura tutto quanto potevasi desiderare eccetto dell' acqua. E come prescinderne in un luogo che si voleva arricchire di tutto ciò che l' immaginazione può creare di più ridente su quei luoghi incantati che i Romani ci descrivono con tanto fasto? Quest' ostacolo avrebbe atterrito un principe meno potente, ma ei volle mostrare che poteva venire a capo delle più grandi intraprese. Ei parla, e tosto tutti gli uomini abili che hanno la Francia ed i Paesi Esteri, allettati dalle ricompense largite al merito si disputano l' onore di servirlo.

Siccome allora bastava aver qualche ingegno per essere favorevolmente ascoltati dai ministri, un certo tale detto Rannequin di Liegi, uomo di gran genio per le macchine, fu ardito al segno d' intraprendere di condur l' acqua a Marly ed a Versailles con tanta abbondanza come se fossero profuse da una sorgente. La macchina da lui eseguita a tale effetto cominciò ad agire nel 1682, e si pretende che abbia costato otto milioni. Sono stato in forse lungo tempo di riferirla in quest' opera per la difficoltà di descriverla bene e di averne un disegno esatto; d'altronde essendo la sua esecuzione di una spesa così grande, mi sembrava ridicolo il darla per modello a coloro che cercherebbero nel mio libro i mezzi d'innalzar l'acqua; tuttavia, considerato che questa macchina è stata finora l'ammirazione d'Europa, pensai che i curiosi non sarebbero scontenti di averne gli sviluppi, se non altro per ragionarne con maggior aggiustatezza che non fa la maggior parte di quelli che credono intenderla. A tale considerazione

ne aggiugnerò una più esseuziale ancora, ed è che in molte occasioni se ne possouo prendere dei pezzi per servirsene utilmente, comprendendone di molto ingegnosi e che non si trovano altrove.

Ho cercato di essa per gran tempo la pianta e i disegni senza averli potuto trovare, perchè non era di lieve momento l'andar io stesso a rilevarli sul luogo; fortunatamente un mio amico che li aveva ebbe la compiacenza di comunicarmeli, e per assicurarmi che fossero esatti, e per istendere la deserizione, sono stato otto giorni alla macchina, ove Espine, che ne è il controllore, mi diede tutti gli schiarimenti che poteva desiderare.

Questa Macchina è sitnata fra Marly ed il Villaggio dell' argine; in questo luogo il fiume è barricato in parte dalla macchina e da una diga che fa rigonfiare le aeque; e per non interrompere il corso alla navigazione, si è praticato a due leghe sotto Marly un caunale pel passaggio delle barche: si è pure costrutto a 30 o 40 tese dalla macchina un paraghiaccio per impedire che i ghiacci od i legni trascinati dalla corrente potessero danneggiarla; e per meglio guarentire le paratoje corrispondenti alle ruote della macchina, si è fatto un graticcio di travi che arresta tutto ciò che potrebbe essere sfuggito al paraghiaccio.

La macchina è composta di quattordici ruote, che tutte hanno per iscopo il far agire le trombe che costringono l' acqua a salire fin sopra la torre che è alla sommità della montagna, ove si riunisce allo sbocco di varj tubi per spandersi in un acquedotto e andare ne' serbatoj che la ricevono; e siccome basta intendere ciò che appartiene ad una di queste ruote per giudicare dell' effetto delle altre, che non fanno se non ripetere presso a poco la stessa cosa, ne farò il dettaglio partitamente, onde non abbracciare troppi oggetti ad un tempo.

1094. La figura 1 della Tavola 17 rappresenta la pianta ed il profilo di una ruota della macchina e delle parti principali che corrispondono dal fiume sino all' acquedotto. Questa ruota, indicata dal numero 2, ha una doccia chiusa da una paratoja come al solito; il suo moto può dare due effetti, il primo è quello di far agire le trombe aspiranti e prementi, che fanno salir l' acqua pel tubo 3 a 150 piedi d'altezza uel pozzo 4, distante 100 tese dal fiume; il secondo è di mettere in moto i bilancieri 5 e 6 che fanno agire delle trombe prementi collocate negli edifizj 7 ed 8. Quelle che corrispondono al primo pozzo 4, riprendono l' acqua che è stata innalzata a mezza costa, e la fanno salire pel tubo 10 nel secondo pozzo 9, elevato piedi 175 sopra il primo, e distanti dal fiume 324 tese; di là è presa di nuovo dalle trombe che sono nel fabbricato 8 che la premono pel tubo 11 sullo spianato della torre 12, elevata 177 piedi sul pozzo superiore, e 502 sopra il fiume, da cui è distante 614 tese; di là l'acqua scorre naturalmente nell' acquedotto, secondo l' inclinazione che gli si è data fin presso ai cancelli del castello di Marly, da cui discende nei grandi serbatoj che le distribuiscono ai giardini ed ai boschetti.

Per intender bene in qual maniera la ruota fa agire le parti che danno moto alle trombe menzionate, bisogna nel seguire ciò che spiegherò star molto attenti alle figure 2, 3, 4, 5 e 6 ed osservare che le lettere e le cifre simili che le accompagnano sono applicate agli stessi pezzi veduti sotto apparenze diverse.

1095. Primieramente si è formato sul letto del fiume un tavolato che

si è reso solido più che si è potuto con pali e palanche muniti di murazioni, come si pratica in simili casi; e ciò si fa vedere nelle figure 3 e 4, Tav. 18. Sotto 14 piedi di questo tavolato si è stabilito un ponte che serve a sostenere le trombe, e tutto quanto appartiene ad esse, come si può vedere dalla seconda figura, la quale dimostra che l'albero della ruota è munito di due manovelle 13, 14; a quest'ultima corrisponde una coda 15, che non si può distinguer bene se non nella figura 3, cui bisogna seguire per quanto spetta alla seconda. Ad ogni giro di manovella questa coda fa fare un moto di vibrazione al fuso 16 sul proprio asse. Attaccata a questo fuso vi è un'altra coda pendente 17, aggrappata al bilanciere 18, alla cui estremità sono due ritti pendenti che portano quattro stantuffi per ciascheduno, agenti in altrettanti corpi di tromba marcati in pianta col numero 20.

Quando la manovella 14 ed il fuso 16 fanno salire la 17, gli stantuffi a sinistra del bilanciere aspirano l'acqua pei tubi 21 che s'immergono nel fiume, mentre quelli a sinistra la premono per farla salire nel tubo 22, d'onde passa nel primo pozzo; e quando la manovella tira a sè il fuso 16, inclinandosi il bilanciere 18 in direzione opposta alla precedente, gli stantuffi a sinistra premono, e quelli a destra aspirano e continuano sempre a far lo stesso alternativamente.

1096. Per impedire che l'aria comunichi con la capacità dei corpi di tromba, e che i cuoi applicati agli stantuffi non lascino alcun vuoto, si è aggiunto a ciascun sistema, indipendentemente dalle otto trombe prementi, una tromba aspirante, figura 17 e 18, chiamata *tromba nudrice*, onde conservar sempre dell'acqua in un bacino 23, collocato presso a poco all'altezza dell'orlo dei corpi di tromba: quindi vi è un ritto pendente 19 che porta un quinto stantuffo.

La manovella 13 dà moto alle trombe del primo e del secondo pozzo; e per giudicare come ciò succeda fa duopo considerare le figure 4 e 5, relativamente alla 3 nell'aspetto che loro conviene; vedrassi che questa manovella fa fare un moto di vibrazione al fuso 25, per mezzo della molla 24, che tira a sè e spinge innanzi l'estremità 30. Questo ne fa agiro altri due orizzontalmente, collocati sotto i numeri 28 e 29, pel moto che loro è comunicato dalle molle 26 e 27 che spingono o che tirano a sè il superiore od inferiore, secondo la situazione della manovella.

In pianta si vede come può muoversi il fuso 29 sul proprio asse 32, e che all'estremità 31 vi è una catena 31, 33, che devesi considerare come parte della catena 34, 35, espressa nella figura 6; del pari il fuso 28, che non si può vedere nella pianta, ma che all'intutto è simile all'inferiore, corrisponde anch'esso ad una catena che fa parte dell'altra 36, 37; quindi queste due catene sono tirate alternativamente dai fusi 28 e 29 per far agire le trombe dei pozzi: per mantenerle si sono sostenute coi bilici 38, posati di 18 in 18 piedi; tali bilici sono attraversati da una cavicchia che poggia sul corrente 39 sovrapposto ai cavalletti 40.

La figura 6 è un profilo che può essere comune al primo ed al secondo pozzo, ma che deve piuttosto appartenere al secondo, perocchè le catene vanno a terminare ai 42 e 46, mentre attraversano il primo dopo avervi messo in moto le trombe che vi esistono.

1097. Quando la catena 36, 37 tira a sè da destra e sinistra il fuso 42, questo innalza il telajo 45 sospeso all'estremità 43, avente tre squadri

44 che portano gli stantuffi prementi l'acqua nei corpi di tromba 50 e 51. Quando questa catena cessa di esser tesa, e l'inferiore 34 e 35 è tirata, allora il peso del telajo 45, quello degli squadri e degli stantuffi fa abbassare l'estremità 43 del fuso 42, e l'acqua sale nei tre corpi di tromba di questo sistema; d'altronde l'estremità 48 del fuso 46 trasporta il telajo 49, e gli stantuffi che sostengono gli squadri 52 premono l'acqua nei tre corpi di tromba di questo secondo sistema, che sono uniti come i precedenti al tubo 50, 51.

Tutti questi corpi di tromba sono sostenuti invariabilmente da barre di ferro che li abbracciano, come si può vedere nella pianta del pozzo. Aggiugnerò che le trombe che agiscono nel primo e nel secondo pozzo per mezzo della manovella 13 innalzano l'acqua nella loro vasca senz'aver nulla di comune coi sistemi delle altre ruote, cioè che al pianterreno dei fabbricati 7 ed 8 nella prima figura v'ha un bacino che ne occupa quasi tutta la capacità divisa da tramezze, per formar delle vasche in ciascuna delle quali vi sono sei corpi di trombe rovescie che non fanno salir l'acqua se non quando si giudica opportuno, e se vi sono delle riparazioni da eseguire sui sistemi di cui si è testè parlato, se ne può asciugare la vasca e far discendere degli operaj senz'interrompere l'azione delle altre trombe.

1098. Per tirare comodamente gli squadri fuori delle loro vasche, quando è duopo di ristaurarli, si fa uso di una macchina che rende molto agevole tale operazione: in 53 vi è un verricello su cui si avvolge una fune; ad una estremità del verricello vi è una ruota dentata munita di uno scatto onde impedire che la fune si svolga più di quanto si ha bisogno; di là passa sopra una carrucola 54 e termina alla staffa di un'altra carrucola 55 che può scorrere da un capo all'altro della trave 60. Su questa seconda carrucola passa un'altra fune, alla cui estremità è attaccato il doppio uncino 56; questa fune passa poi su la carrucola 57 e di là termina al verricello di una ruota 58 che s'ingrana in una lanterna 59, la quale si gira con una manovella: quindi si può collocare l'uncino 50 in fronte al luogo a cui si vuol farlo salire o discendere secondo il bisogno.

1099. Siccome le trombe che sono al di sopra del fiume e quelle dei pozzi si trovano espresse troppo in picciolo nelle figure precedenti, per distinguerne gli stantuffi e le valvole, si sono dettagliate in grande su la tavola 17 per renderle più intelligibili, al pari di molti altri pezzi che spiegherò.

La figura 20 esprime l'interno di una delle otto trombe aspiranti e prementi, messa in moto dalla manovella 14 delle figure 2 e 3: quando lo stantuffo 62 sale, l'acqua del fiume è attratta dal tubo d'aspirazione 63, apre la valvola 64; riempie la capacità 65, ed una parte del corpo di tromba 66; e quando discende preme l'acqua che era salita nel corpo di tromba per costringerla ad entrare nella capacità 65; e quella che è in questo punto facendo sforzo da ogni parte per isfuggire, rinchiude il diaframma 64 ed apre la valvola 67 per salire nel tubo 68; e quando lo stantuffo aspira, questa valvola si rinchiude, e il diaframma 64 si apre di nuovo.

L'esterno di questa tromba è rappresentato dalla figura 19 che fa vedare in qual modo i tubi sono collegati insieme per mezzo delle viti e dei labbri. Il tubo 69 si riunisce con quello di un'altra tromba, mettendo capo entrambi ad un terzo tubo marcato A, nella terza figura, con un gomito in

B per immettersi nel tubo 22, che ha quattro braccia, due a destra e due a sinistra; il picciolo cerchio che si vede al di sopra del numero 22 esprime le circonferenze di questo tubo; per conseguenza gli otto tubi 69, per la loro riunione, non ne fanno più che quattro, e questi quattro si riducono ad uno il quale riceve l'acqua delle otto trombe per portarla al primo pozzo. In quanto alla tromba aspirante, che si è chiamata tromba nudrice, e che serve a mantener pieno il picciolo bacino corrispondente all'orifizio degli otto corpi di tromba, l'interno ne è rappresentato dalla sedicesima figura e non ha nulla di particolare, essendo il suo stantuffo 70 perforato come quello delle trombe comuni aspiranti, munite di una valvola per trattenere l'acqua che innalza e di un diaframma 71 per impedire che l'acqua salita discenda. Tutti i corpi di tromba da me menzionati e i loro tubi sono di rame, eccetto i tubi d'aspirazione 63 e 72, che sono di piombo.

La figura 7 rappresenta l'interno di una delle trombe prementi del primo e del secondo pozzo, e fa vedere che ogni corpo di tromba, come 73, è sostenuto da barre di ferro vedute in profilo nei punti 74, e che altre barre 75 impediscono che questi corpi di tromba sieno alzati dallo stantuffo nel tempo in cui preme: vedesi pure che l'asta 76 che sostiene lo stantuffo è attaccata alle due traverse del telajo 77; che questo telajo e lo stantuffo s'innalzano e si abbassano coll'altro telajo 45; nel punto 75 sonovi delle girelle che servono ad alzare il meccanismo, quando si vuole levare o rimettere un telajo.

Lo stantuffo di questa tromba è vuoto e munito di una valvola che si apre quando si abbassa il telajo per lasciar passar l'acqua, e si rinchiude quand'è premuta; allora le valvole 79 e 80 si aprono per lasciar passare nel tubo 81, che termina al pari degli altri ai tubi 50 e 51 che accompagnano la figura 6. Finalmente la figura 8 dimostra l'esterno di questa tromba e le labbra che servono a mantenerla ferma su le barre di ferro onde sono munite.

La figura 15 è il profilo di un condotto munito di una delle sue estremità segnate S, vedute di fronte per far vedere le labbra per mezzo delle quali si congiungono con viti questi tubi gli uni agli altri, mettendo fra loro delle animelle di piombo e di cuojo onde serrarli più bene.

La figura 18 rappresenta una valvola che si chiama ralla, collocata al fondo di ciascuna vasca per vuotarla col tubo 8, il che si eseguisce volgendo la manovella che è all'estremità della verga 83. In quanto alla figura 17 rappresenta la valvola che si pone alla sommità dei corpi di tromba, per impedire che l'acqua discenda una volta che sia salita.

Le figure 9, 10 e 11 esprimono le diverse faccie dell'estremità di un fuso cui sono attaccati i pezzi da esso messi in moto. Vedesi a tale estremità un orecchio di ferro 85, la cui coda che entra per tre piedi nel legno è indicata da linee punteggiate. Questa coda è fermata dalle cavicchie 86, serrate con legami di ferro; in quest'orecchia sono delle ralle di bronzo che si possono rinnovare quando l'attrito dei perni che vi giocano entro le ha troppo allargate.

Siccome potrebbe avvenire che una delle barre di ferro che compongono le catene 5, 6 della prima figura rompendosi, ne facessero rompere più altre pel grande sforzo della manovella che le fa agire, ogni 12 tese

vi è una catena snodata che vi obbedisce, e si è rappresentata in diversi aspetti nelle figure 12, 13, 14.

Del resto ecco un riassunto generale delle parti più essenziali di questa macchina, coi supplementi necessarii alla precedente spiegazione.

1100. La larghezza della macchina comprende quattordici doccie chiuse da paratoje che si alzano e si abbassano con martinetti, ed in ciascuna di queste doccie è una ruota; queste ruote sono disposte su tre linee, nella prima dalla parte superiore della corrente ve ne sono 7, nella seconda 6, e nella terza non ve n'ha che una.

Le estremità degli assi di ciascuna ruota eccedono il loro registro, e sono a gomiti a guisa di manovelle, formanti un braccio di leva di 2 piedi, osservando che la manovella che è dalla parte della montagna aspira e preme l'acqua del fiume nel primo pozzo e l'altra manovella muove i bilancieri.

Delle ruote che sono su la prima linea, sei fanno agire con una delle loro manovelle un equipaggio di 8 trombe, senza calcolare la tromba nudrice; questi equipaggi sono composti di un bilanciere a ciascuna estremità del quale pende un pezzo di legno quadrato che porta e dirige 4 stantuffi; il bilanciere è mosso da due molle, una coricata corrisponde alla manovella della ruota e ad un fuso verticale, e l'altra pendente è unita allo stesso fuso ed al bilanciere.

Delle sei ruote di cui abbiamo parlato ve ne sono cinque che con l'altra manovella fanno agire le trombe del pozzo a mezza costa per mezzo dei fusi orizzontali e delle catene che ne comunicano il moto. La sesta ruota, che è la prima al fianco della diga, conduce una grande catena cha fa agire gli stantuffi di una delle vasche del pozzo superiore che si chiama pozzo dei grandi cavalletti. Riguardo alla settima ruota della prima linea, ciascuna delle 7 manovelle conduce una catena che termina al pozzo.

Le sei ruote della seconda linea fanno agire con ciascuna delle loro manovelle una catena cha termina al pozzo superiore il che fa tredici catene compresa quella che corrisponde alla sesta ruota della prima linea; queste catene passano per uno dei pozzi a mezza costa ove ne sono cinque che fanno agire insieme gli stantuffi di trenta corpi di trombe, ed otto altre catene vanno direttamente al pozzo superiore.

Finalmente la ruota che si trova su la terza linea fa agire con ciascuna delle sue manovelle un equipaggio di otto trombe aspiranti e prementi, ed essa sola alimenta un tubo.

1101. Le sette catene delle ruote della prima linea fanno agire anch'essa nel passare otto trombe aspiranti, poste alquanto sotto il primo serbatojo a mezza costa, perocchè in questo luogo si trovano le acque di una sorgente considerevole, ivi raccolta da un acquedotto; e le stesse catene ripigliano l'acqua da questa sorgente per ispingerla con quarantanove trombe nel serbatojo superiore con due condotti di 8 pollici e tre di 6 pollici di diametro. Circa le trenta trombe dell'altro serbatojo a mezza costa, spingono esse pure l'acqua con due condotti di 8 pollici, fino al serbatojo superiore.

L'acqua ammassata nei due serbatoj a mezza costa si scarica in un grande serbatojo, d'onde per due condotti di un piede di diametro va ai serbatoi di comunicazione per essere distribuita ad ogni vasca del serbatojo

superiore da cui è spinta da 82 trombe in sei condotti di 8 pollici di diametro, fino sul castello che corrisponde all' acquidotto.

Le otto grandi catene che vanno rettamente al serbatojo superiore, e che non sono caricate a mezza costa, fanno agire dietro il serbatojo superiore sedici trombe aspiranti per ricondurre nel serbatojo dello stesso pozzo l'acqua che si perde dai sei tubi che salgono fino alla torre.

1102. Gli otto equipaggi che aspirano e premono l'acqua del fiume comprendono 64 corpi di trombe; i due pozzi a mezza costa ne comprendono insieme 79 ed i pozzi superiori 82, alle quali aggiugnendo le 8 trombe aspiranti che abbiamo chiamate nudrici, e le altre 8 che sono sotto il pozzo a mezza costa, e le 16 che abbiamo detto essere collocate dietro il pozzo superiore, si troverà che la macchina ne comprende 253.

Il bacino di La Tour che corrisponde all'acquidotto, e che riceve l'acqua del fiume, ne è distante 610 tese, ed è innalzato 500 piedi sopra l'estremità inferiore dei tubi d'aspirazione degli equipaggi inferiori.

Le trombe che sono sul fiume aspirano l'acqua per un' altezza di 13 piedi dal fondo delle doccie fino alle valvole; ed è spinta in cinque condotti di 8 pollici di diametro fino ai pozzi a mezza costa.

L'acqua, dopo essere corsa per un acquidotto di trentasei arcate, è separata in diversi rigoletti che la conducono a Marly ed altravolta a Versailles ed a Trianon.

1103. I serbatoj di Marly hanno 18700 tese quadrate di superficie e 15 piedi di profondità; quello di Lucienne ha 24500 tese quadrate di superficie, ed esso pure 15 piedi di profondità.

Un tempo, quando la macchina agiva con tutta la sua forza, e le acque del fiume erano alte, esse davano in 24 ore 3 pollici d'acqua in altezza al serbatojo di Marly, il che fa 779 tese cubiche, o presso a poco 292 pollici d'acqua, ma comunemente non ne fornisce che la metà.

Sessanta operaj all'incirca vegliano di continuo alla manutenzione di questa macchina famosa, sotto la direzione di M. de l'Epine.

CAPO QUINTO

CHE COMPRENDE LA DESCRIZIONE E L'ANALISI DELLA MACCHINA IDRAULICA APPLICATA AL PONTE DI NOSTRA DONNA A PARIGI; IL PROGETTO ESEGUITO PER RETTIFICARLA, ONDE RENDERLA CAPACE DI SOMMINISTRARE UNA MAGGIOR QUANTITA' D'ACQUA.

1104. Nessuna nazione più dei Romani si è applicata alla condotta delle acque, non avendo sparsa la loro magnificenza in questa specie di opere meno che negli altri monumenti le cui reliquie non si possono vedere senza ammirazione. L'arte di derivare le acque da sorgenti lontane per condurle a Roma; la distribuzione che se ne doveva fare ai cittadini o in pubblico o in privato, era considerata dai principi e dai primi magistrati di tanta importanza da meritare tutta la loro attenzione.

Pretendesi che il re Anco Marzio facesse lavorare pel primo a condurre a Roma le acque del fonte Piconio; fece perciò traforare delle montagne con vôlte la cui struttura era ammirabile, e sostenere l'acqua nelle vallate con acquidotti di straordinaria altezza. In seguito questi lavori furono moltiplicati d'assai, e vi furono fino a nove o dieci di questi principali acquidotti conducenti a Roma più di cinque milioni di moggia d'acqua in 24 ore che convenivano in grandi bacini chiusi e coperti di fabbricati; di là era condotta per tubi sotterranei alle fontane situate nei diversi quartieri. Queste fontane facevano uno dei principali ornamenti della città, erano decorate da statue di marmo e di bronzo. Sotto l'impero di Augusto vi erano pochi notabili cittadini che non avessero nelle case loro un bacino d'acqua viva.

Indipendentemente dalle sorgenti, si raccoglievano anche tutte le acque che non erano potabili, come quelle che si sperdevano dalle fontane, e quelle della pioggia; si adunavano in altri serbatoj per abbeverare gli animali: di là erano guidate per condotto alle case dei conciapelli ed altri artigiani, aventi bisogno d'acqua pei loro lavori, e dopo che avevano servito a molti usi si raccoglievano nelle cloache e negli scoli per nettarle dopo di che si scaricavano nel Tevere.

Non la sola Roma approfittava delle acque che si derivavano dalle sorgenti lontane, ma ne partecipavano anche gli abitanti delle campagne per le quali erano condotte, tanto per l'uso delle case, come per fecondare i paesi aridi che innaffiavano, il che procurava a Roma grande abbondanza di derrate; ma questa distribuzione dell'acqua per la campagna si faceva con molta economia e con una polizia ammirabile. Si aveva grande cura acciò non fosse impiegata che ad usi importanti e secondo la quantità che si destinava a ciascuna cosa; era ingiunto pure ad un certo numero di persone fuori della città, scelte dai commissari, di mantenere pro-

priamente gli acquidotti, onde l'acqua giugnesse a Roma pura e salubre; e per impegnarli seriamente a tale servigio, e loro facilitarne i mezzi, erano esenti da ogni gravezza ed imposta pubblica; e quelli che trascuravano l'adempimento dei loro doveri, venivano puniti colla confisca del loro retaggio che poi si dava ad altri più diligenti: così la punizione degli uni diveniva la ricompensa degli altri. Erano inoltre obbligati a piantar alberi lungo gli acquidotti, ciascuno nel terreno che gli apparteneva, onde l'acqua scorrendo all'ombra conservasse la sua freschezza.

Tutte queste grandi opere erano condotte e conservate con molto ordine e disciplina; e siccome non sarebbe stato possibile pervenire a ciò senza grande autorità, i Consoli e gli stessi Imperatori non isdegnavano di sorvegliarle attentamente, considerando la condotta delle acque come una delle cose che interessava di più il pubblico bene. I consoli ne ebbero per lungo tempo la sovrintendenza, ma in seguito abbandonarono questa parte della polizia ai loro Edili che ne furono incaricati fino al tempo in cui Augusto, volendo ricompensare Marco Agrippa delle cure prese durante la sua edilità, per aumentare l'acqua di Roma, avendo fatto costruire 700 serbatoj, 130 castelli d'acqua e 150 trombe magnificamente decorate, lo creò sovrintendente delle acque e capo di una compagnia di 240 officiali o commissarj delle acque che fu formata nello stesso tempo. Se ne formò poscia una seconda composta di 460 persone, e queste due compagnie erano distribuite in vari ufficj aventi tutti per iscopo la condotta e la distribuzione delle acque.

È facile vedere che se il mantenimento di tanti ufficiali e le continue riparazioni degli acquidotti, bacini, fontane e castelli dovevano essere di grande spesa, l'entrata che si ricavava dalla distribuzione che se ne faceva era però immensa, mentre ogni privato pagava un tributo proporzionato alla quantità d'acqua che gli si somministrava. Frontino, avendo fatto il computo dei danari che si percepivano in ciò, allorchè aveva la sovrintendenza alle acque, trovò che giugnevano a dugento cinquanta mila sesterzi per anno, cioè sei milioni e duecento cinquanta mila lire della nostra moneta, secondo la Mare, dal cui dotto Trattato di Polizia desunsi quanto qui si riferisce agli antichi: nondimeno succedeva talvolta che una somma così immensa non bastava alle spese di manutenzione e bisognava ricorrere a contribuzioni nuove per avere i fondi staordinarj, e nessuno era esente dalla tassa, qualunque fosse la sua condizione e per quante esenzioni potessero avere d'altronde.

Gl'imperatori Onorio ed Arcadio volendo sollevare il popolo dalle spese straordinarie che richiedeva la manutenzione delle acque ordinarono che i fondi pubblici destinati fino a quel tempo ai giuochi profani, fossero in avvenire applicati alla manutenzione delle acque.

I Romani, nello stabilire il loro dominio nelle Gallie, vi hanno recato l'uso degli acquidotti, come puossi giudicare da quello d'Arcueil che l'imperatore Giuliano fece edificare per condur l'acqua di fonte al suo palazzo delle Terme vicino a Parigi, e dal ponte di Gar in Linguadoca, che sono monumenti di quell'epoca da ognuno riconosciuti; tuttavia non sembra che queste opere vi fussero molto diffuse, mentre il gran numero di fiumi e di torrenti da cui sono irrigate queste provincie, la moltitudine delle sorgenti che s'incontrano in tutti i luoghi e che riempiono le loro fon-

tane e i loro pozzi di ottime acque hanno dispensato i loro abitanti da farne venire da lungi.

Di tutti i popoli delle Gallie, nessuno più dei Parigini era alla portata di aver acqua comodamente; il fiume Senna, che allura co' suoi due rami racchiudeva tutta l' estensione della città, ne somministrava abbondevolmente, ed erano così vicini alle sue rive per attingerne che non era il caso di ricorrere a lontane sorgenti.

Filippo Augusto, avendo rinchiuso nello stesso ricinto dieci piccioli borghi che si erano formati nei dintorni di questa città, e le campagne che li separavano essendosi popolate in poco tempo, un gran numero di questi nuovi abitatori trovandosi troppo distanti dalle sponde della Senna, e il terreno in molti luoghi poco acconcio allo scavamento di pozzi, ricorsero alle sorgenti delle alture vicine: quelle del villaggio di Belle-Ville ne somministrarono dapprima a sufficienza, e furono tratte a Parigi con un condotto sotterraneo, ond' essere distribuite a tre fontane pubbliche.

Benchè le sorgenti di Belle-Ville non dessero a Parigi che otto pollici d' acqua, questa picciola quantità bastò lungo tempo per supplire alle acque della Senna; ma i nuovi ingrandimenti della città, avendo costretto in seguito a moltiplicare il numero delle fontane, si sono fatte venire a Parigi per la parte settentrionale le sorgenti di Prè-Saint-Gervais, e pel mezzodì quelle del villaggio di Rungis e dintorni; le loro acque sono condotte da acquidotti muniti dei loro rivoli, tubi, serbatoj, castelli d' acqua ed altre opere necessarie per conservar buone le acque e farne una giusta distribuzione.

Il Prè-Saint-Gervais somministrava 20 pollici d' acqua e Rungis 83; quindi tutte queste acque, che giungnevano a Parigi per tre acquidotti, salivano altrevolte a cento undici pollici, benchè ora non sieno così abbondanti. Di questi cento undici pollici 60 erano destinati ai palazzi reali ed i rimanenti pollici 51 erano distribuiti in 20 fontane edificate in diversi quartieri per la comodità pubblica.

1105. Benchè questa quantità d'acqua fosse già considerevole, succedeva tuttavia qualche volta nei tempi di grande siccità che la città ne difettava nei luoghi lontani dal fiume; d' altronde queste fontane erano ben lungi dal bastare alla grandezza cui era giunta la città al principio del regno di Luigi il Grande; i quartieri tutti, di cui si era aumentata verso le estremità, trovandosi privi d'acqua, si risolvette di moltiplicare il numero delle fontane pubbliche. Il re avendone approvato il disegno ed ordinata l'esecuzione, i Prevosti dei mercanti e gli Scabini fecero nel 1670 due contratti, il primo con Joly ingegnere ordinario del re che si obbligò d' innalzare 30 pollici d'acqua con una macchina che fu costrutta nel picciolo mulino del ponte di Nostra Donna, ed il secondo con Mans per innalzarne 50 per mezzo di un'altra macchina ch' ei proponeva nel grande mulino; in seguito queste due macchine, che non erano simili, sono state ricostrutte da Rannequin che le fece uniformi e molto meno difettose delle prime; frattanto Turgot Prevosto dei mercanti ed i Scabini più che mai occupati del pensiero di dare a Parigi una grande abbondanza d' acqua, essendo stati informati nel 1737 che le trombe della macchina applicata al ponte di Nostra Donna avevano tali difetti che la macchina stessa non somministrava una quantità d' acqua proporzionata alla forza della corrente della Senna,

considerata in istato medio, mi fecero l'onore d'invitarmi con la seguente deliberazione a dar loro le cognizioni che potessero contribuire a rettificare questa macchina.

Noi Prevosto dei Mercanti e Scabini della città di Parigi, riuniti nell'ufficio della città col procuratore del Re e della città stessa. Considerando la necessità di provvedere in tutti i quartieri della città una maggior quantità d'acqua, tanto per uso degli abitatori come per tener nette le strade e l'interno delle case; che la macchina idraulica del ponte di Nostra Donna fu costrutta da più di sessant'anni e spinta poscia a diversi gradi di perfezione; considerando che dobbiamo riguardare come una delle nostre cure più importanti quella di giugnere all'ultimo punto di perfezione, e che se i nostri predecessori e Noi non vi siamo ancora pervenuti potremmo sperare questo vantaggio dallo zelo e dalla capacità conosciuta del signor Belidor, Commissario Provinciale d'Artiglieria, Regio Professore di Matematiche alle scuole dello stesso Corpo, attualmente in questa città, ma residente d'ordinario a la Fère, pel servizio del re; udito e consenziente il procuratore del re e della città, abbiamo decretato ed ordinato, come decretiamo ed ordiniamo, che il suddetto signor Belidor sia invitato a trasferirsi alla macchina idraulica applicata al ponte di Nostra Donna, onde osservarne lo stato attuale, e se credesse necessario farvi qualche cangiamento per condurla al più alto grado di perfezione, e a darci le sue Memorie, i suoi Disegni e progetti. Fatto all'ufficio della città il dì 30 Agosto 1737.

Per corrispondere alla confidenza dei signori Prevosto dei Mercanti e Scabini della città di Parigi, ho accolta con ardore l'occasione di manifestar loro la mia devozione e la brama di secondare il loro zelo per ciò che interessa il bene pubblico, tentando di procurare ad ogni quartiere della città di Parigi una maggiore quantità d'acqua.

Secondo l'intenzione di questi signori mi sono recato più volte alla macchina suddetta, onde considerarne l'azione ed esaminarne tutte le parti da me sviluppate con esatti disegni, dei quali segue la descrizione che non lascierà nulla a desiderare per l'intelligenza del mio progetto.

Descrizione della macchina applicata al ponte di Nostra Donna.

1106. Questa macchina è composta di quattro equipaggi, ciascuno dei quali comprende tre corpi di trombe accollate che aspirano l'acqua e di tre altre che la spingono in pari tempo nelle vasche di distribuzione; siccome due ruote eguali fanno agire due equipaggi per la forza della corrente della Senna, non parlerò in questa descrizione se non della metà della macchina, perchè trovandosi composta di due parti simili che non hanno veruna comunicazione di moto si possono considerare come due macchine separate aventi lo stesso scopo.

1107. La grande ruota A B, Tavola 1, figura 2, è munita di un rocchetto verticale C D, che s'ingrana con due lanterne E, F; l'asse della prima fa girare una manovella triangolare marcata G che fa agire in pari tempo tre bilici H espressi nella seconda figura; quindi bisogna concepire che alle loro estremità I vi siano delle spranghe di ferro corrispondenti a questa manovella, il che non si può ben distinguere se non nella quarta figura,

in cui si riconoscerà dalle lettere precedenti il profilo della ruota AB, l'elevazione del rocchetto C D, le lanterne E, F, la manovella G, i bilici H, ed il loro rapporto con la lanterna E pei regoli I K.

Considerando la stessa figura con qualche attenzione vedrassi che alle estremità opposte L dei bilici, si trovano sospese altre barre M corrispondenti ai telaj che portano gli stantuffi, da' cui è facile distinguere i corpi di tromba N e le loro vasche comuni O, espresse pure dalle lettere N, O, nella pianta relativa alla prima figura: quindi non considerando che questo primo equipaggio chiamato del *picciolo moto*, risulta che a ciascun giro della lanterna E, la manovella G fa alternativamente aspirare e premere una volta ciascuna di queste trombe, cioè che primieramente l'acqua del fiume è innalzata nella vasca O dall'aspirazione delle trombe inferiori, e di là è spinta dalle superiori nei tubi verticali, come si è spiegato nell'articolo 875.

1108. Per conoscere il modo onde agisce il secondo equipaggio, detto equipaggio del *grande movimento*, bisogna considerare, nella figura 4, che la ruota dentata CD, facendo girare la lanterna F, fa anche girare un rocchetto orizzontale P per mezzo dell'albero 13, 14 che loro serve di asse comune; che questa ruota s'ingrana con la lanterna G, il cui asse R fa agire una manovella triangolare S, a cui sono sospese delle barre di ferro e de' telaj aventi gli stantuffi dei corpi di trombe aspiranti e prementi, che agiscono alternativamente come i precedenti.

I corpi di tromba e la vasca di questo secondo equipaggio sono espresse dalle lettere T, V, nella pianta, che corrisponde alla prima figura; e si distingueranno sensibilmente nella seconda, seguendo le lettere relative alla quarta, le parti che gli comunicano il moto; per esempio la ruota dentata P che s'ingrana con la lanterna Q, l'asse R e le manovelle S.

In quanto alla *terza figura*, essa rappresenta un profilo tagliato secondo la linea Y Z della pianta, figura 3; vi si vedono riuniti i due equipaggi che abbiamo descritti; il primo che corrisponde alla vasca O ha i suoi tre corpi di tromba veduti di fronte coi loro tubi d'aspirazione, mentre quelli del secondo che corrispondono alla vasca V, non potendo essere veduti che in fila, non si è potuto esprimerli tanto sensibilmente, trovandosi d'altronde nascosti da pezzi di legname; ma è facile immaginarsi la loro situazione da quella della pianta relativa. Aggiugnerò che acciò i regoli di quest' equipaggio sieno sempre mantenuti verticalmente, sono diretti dalle guide X, che si trovano anche espresse nella seconda figura.

1109. Nel luogo 2, 3, della prima figura vedesi la sezione orizzontale di una paratoja che serve ad economizzare la forza della corrente che volge la ruota A B, acciò si mantenga con velocità uniforme, cioè che quando la forza della corrente è più grande di quello che occorre per far agire la macchina regolarmente, si abbassa la paratoja più o meno, onde le palmette non essendo colpite che per una parte della loro superficie, non girino con troppo impeto; ed al contrario quando il fiume è basso si alza la paratoja, acciò le palmette ricevano tutta l'impressione della corrente, il che si fa per mezzo di un martinetto situato nel punto 4 della figura 2, e questo martinetto è simile a quello di cui abbiamo fatto menzione nell'art. 1041. Allora per mezzo di tre altri martinetti rappresentati nei punti 5 della stessa figura, e di un verricello segnato 6, s'innalza, o si abbassa

il telajo 9, 10, 11, 12 che porta la ruota AB, la lanterna E, e l'asse 13, 14.

1110. Siccome non si può mutare la situazione della ruota senza far salire e discendere in pari tempo le lanterne E ed F, che non possono essere separate dalla loro ruota comune CD, è necessario sapere che la ruota dentata P ha un mozzo 7, che poggia e gira sopra una piattaforma 8, come un perno nella sua ralla; che l'asse di esso 13, 14 può salire e discendere senza cangiare la situazione di tale ruota; che quando il telajo che porta la ruota è stato fissato a conveniente altezza, si piantano dei cunei nel mezzo per costringerla a girare col suo asse; finalmente che si accorciano o si allungano i regoli IK, comunicanti il moto della manovella G ai bilancieri H, e che tutto questo meccanismo non ha luogo che pel primo equipaggio, rimanendo il secondo sempre nello stesso stato.

1111. Acciò si possa giudicar rettamente della disposizione interna dei corpi di trombe di uno degli equipaggi, si sono espressi in grande nelle figure 5 e 6. La prima dimostra che i tre corpi di trombe prementi A, B, C, sono combinati colle braccia D, E, F che si riuniscono al tubo G per comporre insieme ciò che dicesi la *forchetta*, per cui passa l'acqua che è spinta nel tubo verticale H terminante alle vasche di distribuzione: riguardo ai corpi delle trombe aspiranti I, K, L, corrispondenti al fondo della vasca MN in cui innalzano l'acqua del fiome ad un' altezza di 16 piedi pei tubi d'aspirazione O, non mi fermerò a spiegare l'azione del loro stantuffo rapporto a quello delle trombe superiori, essendo facile l'immaginarlo, richiamando ciò che è stato detto su le manovelle triangolari nell'articolo 112.

La figura 6 rappresenta un altro profilo dello stesso equipaggio, tagliato nella direzione de' telaj che portano gli stantuffi, e che si suppone passare per la verticale EO od FO, quindi benchè questo profilo sia rinchiuso nella stessa vasca MN, non si deve riguardare come se appartenesse ad una tromba separata dal gruppo di cui parliamo; si è creduto dover anche aggiugnere la figura 7, la quale dimostra l'elevazione esterna che formano le trombe prementi unite alle loro forchette.

1112. Tutte le valvole delle trombe prementi sono a conchiglia e quelle delle aspiranti a sportello. Gli stantuffi sono fatti di legno cerchiati con viere e muniti di cuojo secondo l'uso comune. I dodici corpi di trombe non sono uniformi; ve ne sono nove prementi, il cui diametro interno è di 6 pollici e 9 linee e quello dei loro tubi aspiranti, di 7. Il diametro delle tre altre prementi che appartengono ad uno stesso aquipaggio è di 7 pollici e 9 linee, e quello del loro tubo aspirante di 8 pollici. Tutti questi stantuffi fanno salire l'acqua nella vasca di distribuzione elevata 81 piedi sopra il letto del fiume, e di là cade pei tubi discendenti per andare alle fontane.

1113. Accortosi Turgot che il maggior numero di fontane pubbliche difettava sovente di acqua quando si doveva lasciar riposare la macchina per ristaurare le parti delle trombe consumate, fece fare nel 1737 un equipaggio di ricambio corrispondente a ciascuna ruota per agire in mancanza di una delle altre due, saggia precauzione che fa conoscere lo zelo di questo degno magistrato per tutto ciò che interessa il ben pubblico: ho espresso questo nuovo equipaggio nella figura 9 che è una parte staccata della seconda che ho creduto di separare per maggior intelligenza.

Per giodicare il rapporto di queste due figure (2 e 9), bisogna considerare che tutte le parti aventi le stesse lettere appartengonò alla macchina quale era prima di aggiugnervi nulla, e che si è approfittato dello spazio che si è trovato nell'angolo B C D del fabbricato, onde collocarvi un albero orizzontale F che corrisponde alla lanterna E, che ingrana i denti del rocchetto P, e dall'altra ad una manovella G che fa agire tre trombe, le coi barre, che portano i telai degli stantuffi sono dirette dalle guide K per far agire un equipaggio interamente simile a quello che è rappresentato nella figura 5, e disposto come si è spiegato nell'articolo 1108, su la qual cosa devesi osservare che le lanterne E, Q potendo essere separate dai denti della ruota dentata P, si può lasciar riposare una ed agir l'altra, purchè gli stantuffi mossi da essa innalzino l'acqua insieme a quelli che fanno muovere i bilici H: che se avviene che questi ultimi si debbano fermare; allora si lasciano girare insieme le due lanterne; quindi ciascuna ruota può sempre far agire due equipaggi in uno stesso tempo, ma non il terzo insieme, perchè secondo il signor Rannequin che ha la direzione della macchina, non si può fare sostenere ad essa un lavoro così grande senza metterla in pericolo di rompersi; dunque per valutare il prodotto di questa macchina non si deve far calcolo se non delle quantità d'acqua che possono innalzare i sei corpi di tromba dei due equipaggi, che può muovere ciascuna ruota.

1114. Per conoscere la velocità degli stantuffi relativamente a quella della ruota, sappiasi che questa ruota ha 10 piedi di raggio, preso fino alla base delle palmette, che queste hanno 18 piedi di larghezza per 3 piedi di altezza; che se si prende il loro centro di gravità per quello d'impressione, il braccio medio di leva relativo alla forza della corrente, sarà di 8 piedi e 6 pollici; allora il centro d'impressione descriverà ad ogni giro di ruota una circonferenza di circa 54 piedi.

1115. Sappiasi pure che il gomito delle manovelle è di 9 pollici e che perciò l'innalzamento di ciascuno stantuffo è di 18 pollici, che la ruota dentata CD ha 60 denti, e la lanterna E 15 fusi; quindi allorchè la ruota AB fa un giro, questa lanterna e la sua manovella ne fanno 4; e siccome ciascun stantuffo mosso da tale manovella s'innalza e si abbassa una volta ad ogni giro di lanterna, vedesi che gli stantuffi s'innalzano 12 volte ad ogni giro della ruota: ora siccome per l'art. 114 si può supporre un solo stantuffo che prema incessantemente, ne segue che senza curare il braccio di leva medio, questo stantuffo farà nel salire 18 piedi di cammino, mentre la ruota ne farà 54, e che la velocità della potenza, che muove il primo equipaggio, sta alla velocità del peso corrispondente come 3 a 1.

1116. Riguardo al secondo equipaggio, siccome la lanterna F ha venti fusi che s'ingranano con la ruota C D di 60 denti, questa lanterna e la ruota dentata P faranno tre giri mentre la ruota A B non ne farà che uno; e siccome questa ruota dentata è munita di 40 denti che ingranano la lanterna Q, che ha pure 20 fusi, ne segue che questa lanterna fa sei giri ad ogni rivoluzione della ruota AB, e che gli stantuffi del secondo equipaggio fanno insieme 18 innalzamenti nello stesso tempo; per conseguenza se si suppone ancora che uno stantuffo che prema incessantemente, faccia 27 piedi di cammino, mentre la ruota ne fa 54, allora il rapporto della velocità della ruota a quella del peso corrispondente al secondo equipaggio starà come 2 ad 1.

Per esporre l'oggetto principale del mio progetto fa duopo ricordarsi

che negli articoli 897, 898, 963 e 964 abbiamo fatto conoscere che le colonne d'acqua prementi gli stantuffi non debbono mai incontrare ostacoli alla salita. Si giudicherà se questa massima è stata osservata nella costruzione delle trombe nella macchina di cui parliamo, considerando la quinta figura in cui si incontreranno tre essenziali difetti.

1117. Il primo procede dalle valvole a conchiglia, che restringono considerabilmente il passo dell'acqua premuta da tutti gli stantuffi, il che richiede maggior forza per imprimere all'acqua una certa velocità, di quello che se lo stantuffo salisse liberamente; e siccome non si può prendere dalla corrente una maggior forza relativa senza diminuire la velocità della ruota, l'effetto della macchina è necessariamente minore dell'effetto naturale.

1118. Il secondo, che l'acqua salendo nel corpo di tromba è spinta contro la valvola e il suo registro, il che la fa zampillare d'alto in basso, e si oppone a quella che è spinta all'insù dallo stantuffo; a ciò si può aggiungere che dopo aver superato tali ostacoli, essa non passa nelle braccia se non a seconda delle direzioni oblique alle pareti che la fanno piegare in varie parti e ne alterano la velocità.

1119. Il terzo, che l'acqua si trova strangolata nelle braccia che non hanno interiormente se non 3 pollici di diametro, mentre quello degli stantuffi ne ha 7 ad 8; quindi la grossezza di queste braccia non è che circa la quinta parte di quella dei corpi di tromba; d'altronde i tubi ascendenti non hanno che 6 pollici di diametro, mentre dovrebbero averne almeno 8, acciò l'acqua non fosse costretta a salirvi con una velocità doppia di quella dello stantuffo, ed anche per intervallo, con una velocità quadrupla allorchè due stantuffi premono insieme, il che succede una volta ad ogni giro di manovella; e siccome gli attriti dell'acqua contro le pareti dei tubi, sono tanto più grandi quanto più l'acqua è costretta a sgorgare con maggiore velocità, nascono da questa parte ancora nuovi ostacoli, che riuniti ai precedenti sono cagione che la corrente impieghi la maggior parte della sua forza, non a sollevare le colonne d'acqua che fa salire nelle vasche, ma a vincere tutti gli ostacoli che le stesse colonne incontrano per via, per la qual cosa non restandole ancora se non poca velocità, la ruota non può girare che lentamente.

1120. Per poco che si rifletta su ciò che si è fatto conoscere, si sentirà che gli stantuffi premendo l'acqua debbono fare uno sforzo grande ed anche premere all'insù i corpi di trombe con molta violenza, e si vedono pure tutte le parti della macchina proclivi a piegare, poichè una buona parte dell'azione della corrente è impiegata alla distruzione della macchina stessa; e siccome essa deve tanto più affaticarsi quanto più sarà veloce la ruota, è certo che si sarebbe posta a pericolo di rompere, se si avesse voluto far uso della forza della corrente quando il fiume era in istato medio, ed ecco la ragione che costringe ad abbassare la paratoja per impedire che le palmette sieno colpite in pieno; quindi allorchè la macchina soffre, non è già perchè la ruota va più veloce, ma perchè i corpi di trombe hanno difetti contrarj a tale velocità, e invece se l'acqua salisse liberamente con velocità eguale a quella degli stantuffi si potrebbe con tutta sicurezza lasciare in gran parte le palmette in balìa della corrente per dare maggior velocità alla ruota.

1121. Recatomi alla macchina il 17 settembre 1737, ho osservato che ciascuna ruota faceva presso a poco due giri ogni minuto: allora il fiume

era grosso e le paratoje erano abbassate 15 pollici sotto il livello delle acque, dirimpetto alle arcate dalla parte superiore del fiume, e i quattro equipaggi insieme davano circa 100 pollici di acqua. Trovandosi anche Rannequin nella macchina, mi disse che le trombe andavano bene quanto si poteva desiderare; che tuttavia poteva, volendo, dar maggiore velocità alla ruota, ma che ciò non si poteva conseguire senza faticare di troppo la macchina.

Dal 17 settembre in poi ho osservato che le ruote facevano sempre presso a poco due giri ogni minuto, e per conseguenza le trombe somministravano 100 pollici d'acqua circa: se in certe occasioni sembrano darne di più, è perchè si abbassano meno le paratoje per dare maggior velocità alle ruote; ma siccome non rimangono molto tempo in questo stato per timore di conseguenze dannose saviamente prevedute da Rannequin incaricato dell'annua manutenzione della macchina, non si deve calcolare che su 100 pollici d'acqua nel tempo più favorevole dell'anno.

1122. Per rettificare questa macchina, tratterei adunque d'impiegare nuovi corpi di trombe che non abbiano veruno de' difetti di cui abbiamo parlato, dando ad essi 8 pollici di diametro e di far uso di tubi ascendenti dello stesso calibro: allora, siccome gli stantuffi non saranno più aggravati di prima, si avrà del resto tutta la forza che la corrente impiegava male a proposito, una delle cui parti servirà ad imprimere alle ruote una maggior velocità che sarà ben regolata quando invece di due giri ne faranno tre ogni minuto, al che sarà facile assoggettarle, alzando ed abbassando la paratoja più o meno, a seconda della forza della corrente, e la macchina agirà regolarmente e si avranno almeno 100 pollici d'acqua di più che non si suole avere.

Avendo detto (1116) che ad ogni giro che faceva una delle ruote la loro gran ruota dentata orizzontale ne faceva tre, sarà assai più comodo valutare il prodotto della macchina con la velocità delle sue ruote dentate che non con quella della sua ruota, che non si può osservare che in fondo alla macchina, senza esporsi a qualche pericolo, quando invece si sta al sicuro sul tavolato che sostiene le ruote dentate: e siccome sostiene anche i martinetti che servono ad innalzare e ad abbassare le paratoje, sarà facilissimo porle nel punto conveniente acciò le ruote facciano tre giri ogni minuto, il che avverrà sempre quando ciascuna delle grandi ruote dentate ne farà 9 nello stesso tempo: aggiungerò che siccome con un orologio non si può misurare esattamente il tempo di un minuto, conviene per maggior precisione lasciarne passar cinque; in tal caso, perchè la macchina sia ben regolata, fa duopo che ciascuna delle grandi ruote dentate faccia 45 giri nello stesso tempo.

1123. Quando le ruote faranno tre giri ogni minuto, non bisogna credere che la macchina soffra più di prima, ma al contrario l'azione ne sarà assai più dolce quando gli stantuffi non incontreranno ostacoli che si oppongano al loro moto, le riparazioni saranno meno frequenti e le manovalle specialmente dureranno molto più a lungo, mentre non sussisterà più la frequente cagione della loro rottura.

1124. Ho detto (1112) che ordinariamente le paratoje s'immergevano nell'acqua per la profondità di 15 pollici per modificare la forza della corrente su le palmette e che il 17 settembre del 1737 Rannequin avea convenuto che si poteva far fare alle ruote più di due giri ogni minuto; del che mi convinsi più volte nel corso dello stesso anno, e fra le altre

nel 26 dicembre con Sirebot, fontaniere municipale, che mi accompagnò nella macchina ove, fatte levare le paratoje per 5 o 6 pollici, acciò le palmette ricevessero l'impressione dell'acqua per un'altezza maggiore di quella che si usa, ho veduto il rocchatto della ruota settentrionale far 9 giri e mezzo in un minuto, e quello della ruota meridionale farne 10; il che ho osservato durante un' ora. Poichè la corrente nel suo stato medio è capace di far fare alle ruote tre giri ogni minuto malgrado gli ostacoli che vi oppone la cattiva conformazione dei corpi di tromba, e nel caso in cui le palmette non sono interamente urtate, è una prova incontestabile che si potranno conservare in questa velocità quando saranno rettificati i corpi di trombe; ma ecco un difetto di maggior peso dedotto dal calcolo della potenza che muove la macchina.

1125. Le acque del fiume lungo la riva di Pelletier essendo sostenute da una pescaja, il loro livello è d'ordinario più elevato di 12 o 13 pollici di quello dell'acqua che scorre dal ponte di Nostra Donna al ponte a *Change*, come se ne può giudicare da varie osservazioni; il che fa sì che quando il fiume è nel suo stato medio, la sua velocità allo sbocco della seconda e della terza arcata dalla parte del Nord, che corrispondono alle ruote della macchina, è di 8 piedi e 9 pollici ogni secondo, ossieno 525 piedi per minuto, come mi convinsi con molte sperienze fatte col tubo di Pitot (614); è vero che quando vi sono molti battelli fra i due ponti questa velocità è alquanto ritardata; ma anche quando non s'incontra quest'ostacolo, io certi tempi la velocità dell'acqua presa negli accennati luoghi giugne fino a 10 piedi ogni secondo, senza che siano sopraggiunte nuove escrescenze d'acqua; ma noi ci atterremo a quella di 8 piedi e 9 pollici, che trovasi più costantemente nel corso dell'anno.

1126. Quando ho detto essere necessario che le ruote della nostra macchina facessero tre giri ogni minuto, non ho determinato a caso tale velocità, ma l'ho dedotta dal principio generale cui devono essere assoggettate tutte le macchine mosse da un fluido, cioè perchè sieno capaci del più grande effetto fa duopo che la velocità delle ruote sia il terzo di quella della corrente (588); ora siccome abbiamo veduto che quella su cui operiamo era capace di fare 525 piedi di cammino ogni minuto, il terzo dei quali è 175 piedi, dividendo questo numero per 54 piedi, circonferenza che descrive il centro d'impressione delle palmette in ciascuna loro rivoluzione, diverrà $3\,\frac{13}{54}$; il che dimostra che acciò la velocità di una macchina sia ben regolata bisognerebbe che ciascuna delle ruote facesse tre giri e un quarto ogni minuto: quindi non facendo fare ad esse che tre giri soltanto, la loro velocità non sarà distante da quella che rigorosamente loro conviene. Non trattasi altro che di vedere se assoggettandole a questo punto, la forza rispettiva della corrente sarà capace di vincere il peso della colonna d'acqua che debbono premere gli stantuffi, compresa la resistenza prodotta dagli attriti.

1127. Facendo le ruote tre giri ogni minuto la loro velocità nello stesso tempo sarà di 162 piedi, che sottratti da 525, rimangono 363 piedi per la velocità relativa della corrente ogni minuto che sarà di 6 piedi e 7 linee ogni secondo, corrispondente nella terza Tavola del Volume I.°, pagina 184, ad un urto di libbre 42 3/4 per una superficie d'un piede quadrato.

Le palmette avendo 18 piedi di larghezza per 3 piedi d'altezza (1114)

la loro superficie è di 54 piedi, che moltiplicato per libbre 42 3/4 dà libbre 2308 per le forza rispettiva della corrente o per l'espressione della potenza applicata a ciascuna ruote.

1128. Per valutare il peso della colonna d'acqua che deve spingere ciascun equipaggio, sappiasi che nel tempo di massima magra, l'acqua non è mai innalzata più di 19 piedi al di sopra del suo livello: ora siccome il diametro di tutte le nostre nuove trombe è di 8 pollici (1122), ciascun equipaggio innalzerà adunque una colonna d'acqua di 80 piedi d'altezza per 8 pollici di diametro che pesa libbre 1955.

1129. Ricordandosi che la velocità (1115) della colonna spinta dall'equipaggio del *picciolo moto* (1107) è il terzo della velocità della ruota, vedrassi che il peso e la potenza nello stato d'equilibrio essendo nella ragione reciproca della loro velocità, la potenza che muove quest'equipaggio sarà il terzo del peso, cioè il terzo di 1955 libbre che è 652 libbra cui bisogna moltiplicare per $\frac{19}{18}$ perchè il moto è comunicato a questo equipaggio dall'ingranaggio di un rocchetto e di una lanterna; (290) si avranno 688 libbre per la potenza effettiva dello stesso equipaggio, facendo astrazione dall'attrito dei perni, dei bilici, da quelli della lanterna e della ruote, che non sono tanto sensibili da considerarli, mentre vedrassi che dietro i calcoli da noi fatti, ci resta maggior forza di quella che occorra per vincere la resistenza che può sorgere da questa parte.

Sapendo del pari che la colonna d'acqua spinta dall'equipaggio del *grande movimento* (1108) ascende con una velocità eguale alla metà di quella delle ruote (1116), la potenza che muove quest'equipaggio sarà la metà del peso; per conseguenza di libbre 978 cui bisogna moltiplicare pel quadrato di $\frac{19}{18}$ che si riduce presso e poco e 8/9 (293 e 298). Dopo la moltiplicazione si avranno 1083 libbre per la potenza effettiva che deve muovere questo secondo equipaggio, facendo come poc'anzi astrazione dall'attrito dei perni: ora aggiugnendo il valore di questa potenza a quello della precedente si avranno 1777 libbre per la loro somma, cioè per le forze che sarà necessaria alla corrente onde muovere i due equipaggi nello stesso tempo; e siccome abbiamo veduto (1127) che poteva esercitare su le palmette una forza di libbre 2308, ne rimarrà dunque una parte equivalente a libbre 533, per vincere tutti gli ostacoli di cui non abbiamo tenuto conto, e per supplire alla modificazione della corrente, quando le palmette, che sono otto per ciascuna ruota, si trovano nella posizione più svantaggiosa (1065); sulle qual cose giova sapere che avendo valutato tutti questi consumi, e trovato che non potevano mai giungere a 200 libbre, ho creduto dover sopprimerne il dettaglio per non consumare la stampa in così piccioli oggetti sui quali mi sono abbastanze diffuso nel primo capo del secondo libro. Ci resta a far vedere quale sarà il prodotto di questa macchina, quando le trombe essendo rettificate, le ruote faranno ciascune tre giri ogni minuto.

1130. Ricordandosi che negli articoli 1115 e 1116 si è veduto che gli stantuffi di un equipaggio del picciolo moto davano 12 innalzamenti ad ogni giro delle ruote, e che quelli del grande movimento ne davano 18, vedrassi che ad ogni rivoluzione di una delle ruote i due equipaggi che le

corrispondono innalzano insieme 30 colonne d'acqua di 18 pollici di altezza (1115), e per conseguenza i quattro equipaggi insieme ne eleveranno 60, ovvero una sola di 90 piedi d'altezza per 8 pollici di diametro, che pesa 2200 libbre, che divisa per 28 libbre, peso di un pollice d'acqua (342), dà libbre 78 e pollici 4/7 pel prodotto dei quattro equipaggi ad ogni giro di ruota; d'onde segue che quando queste ruote fanno 3 giri ogni minuto, la macchina potrebbe dare nello stesso tempo pollici 235 2/3; tuttavia non valuterò che pollici 200 per aver riguardo a tutti i consumi impreveduti, ed è ciò su cui si potrà calcolare quando il fiume sarà in istato medio, cioè quando avrà 8 in 9 piedi di velocità ogni secondo nel luogo in cui l'ho misurata.

1131. Tutto ciò che abbiamo esposto, essendo fondato in esperienze e principj incontrastabili, siamo certi che l'evento sarà conforme ai calcoli; purchè le ruote sieno tali da far tre giri ogni minuto, senza soffrire che si modifichi l'azione di questa velocità nel tempo che il fiume ne sarà capace, il che si può sempre sperare, eccetto il tempo di straordinarie magre; allora, siccome la corrente ha minor velocità che nello stato medio, si aumenta la superficie delle palmette aggiungendovi delle tavole, sulla qual cosa osserverò che le ruote di questa macchina saranno molto più vantaggiose, se invece di 8 palmette non ne avessero che 6, ciascuna di 5 piedi d'altezza per le ragioni da noi riferite parlando di quelle della Samaritana negli articoli 1061, 1062, 1069, e perciò converrebbe adattarvisi la prima volta che si vorranno rinnovare queste ruote, per non essere costretti ad aumentare l'altezza delle palmette quando il fiume è basso; del resto m'accingo a spiegare le mie nuove trombe che potranno servire di modelli per tutte quelle che si vorranno fare in avvenire, essendo in generale state approvate da uomini abili da cui sono state esaminate.

Spiegazione delle nuove trombe eseguite per rettificare la macchina applicata al ponte di Nostra Donna.

1132. Le nuove trombe che mi accingo a descrivere sono così semplici e sì lontane da tutto ciò che può eccitare ammirazione, che si rimarrà certamente sorpresi come non sieno state immaginate più presto, e che si sieno usate per tanto tempo le antiche senza averne scoperto i difetti; ma, come ha detto molto a proposito Fontenelle nella sua Storia della Accademia, *le idee più naturali non sono quelle che si presentano più naturalmente*: per giudicar bene dell'effetto delle trombe bisognava ragionare secondo i principj di una teoria della quale gli operaj non sono in caso di essere istrutti; d'altronde, quando le cose sono autorizzate da un lungo uso, non si sospetta neppure che sieno lontane dalla loro perfezione, si trasmettono da un secolo all'altro con la stessa confidenza, e non senza fatica si giugne a far prendere ad esse una più vantaggiosa disposizione; il rinnovamento della filosofia ce ne fornisce un bell'esempio; ma per non impegnarmi in riflessioni che potrebbero distrarmi dal mio proposto, passo a descrivere ciò di che si tratta.

1133. Considerando le figure comprese nella quinta Tavola, vi si vedranno le piante, i profili e le alzate delle nuove trombe le quali non

hanno veruno dei difetti delle antiche, avendo soppressa la valvola a conchiglia per sostituirne un'altra, che può ritenersi la più perfetta di tutte le immaginate finora, come si può giudicare dalla figura 3 che comprende l'interno delle trombe prementi di un equipaggio, ove questa valvola si trova rappresentata nei diversi aspetti in cui può essere considerata allorchè agiscono le loro trombe, e meglio ancora negli sviluppi riferiti su la Tavola 5, la cui ottava figura esprime questa valvola veduta orizzontalmente, separata dal suo asse; la figura 9, lo stesso asse munito di una linguetta per essere serrata fra i labbri dei corpi di tromba e delle loro braccia; la 13.ª un profilo dell'asse della valvola per far vedere in qual modo vi è unito con viti e dadi; la 14.ª un profilo dell'asse disgiunto dalla valvola; la 15.ª una veduta orizzontale di questa valvola attaccata al suo registro per far vedere come i perni sono ritenuti all'alto con collari attaccati con viti; la 16.ª è un profilo della valvola e del suo registro nella situazione precedente: finalmente la figura 17 un altro profilo del registro o della valvola quando è aperta.

1134. Questa valvola è composta di un diaframma circolare e mobile sui perni C, D, Tav. 5, fig. 8. di un asse E F il cui mezzo non passa punto pel centro G, essendone distante la 12.ª parte del diametro A B *che si suppone un po' più grande di quello dei corpi di tromba*, cioè che questo diametro essendo diviso in 12 parti eguali, l'intervallo A H ne comprende 7, e 5 l'altro H B.

1135. Si osserverà pure che il centro I dell'asse E F, figura 17, si trova distante dal mezzo della grossezza del diaframma A B, di una distanza I H, eguale pure alla 12.ª parte del diametro A B, il che produce una leva a gomito K I H, il cui braccio minore I K corrisponde agli attriti dei perni, e l'altro I H sostiene alla sua estremità H il peso della valvola che non può restare aperta, se non vi è costretta da una forza estranea.

1136. I segmenti inegnali di cui è composta questa valvola sono muniti di margini in isbieco A L, B M, disposti in senso contrario, acciò quand'è chiusa, il primo A L che corrisponde al massimo segmento possa appoggiarsi d'alto in basso sul margine superiore O P del registro e l'altro B M di basso in alto contro il margine inferiore Q R, coi quali la valvola deve combaciare esattamente.

1137. Quando lo stantuffo preme, l'acqua spinge all'insù la valvola ma con maggior forza contro il segmento grande H A, figure 16 e 17, che contro il picciolo H B, *in ragione del prodotto della superficie di ciascuno di tali segmenti pel braccio di leva che gli corrisponde*, cioè per la distanza dal suo centro di gravità al suo centro di moto; allora la valvola si apre per mettersi in situazione verticale (figura 17) nel mezzo del cerchio del suo registro, perocchè il braccio di leva I H ha cacciato il punto H verso il centro del registro di tanto quanto ne era lontano quando la valvola era chiusa, e l'acqua passa liberamente dalle due parti del diaframma senz'incontrare verun ostacolo, perchè il cerchio del registro si è fatto un poco più grande di quello del corpo di tromba, per aver riguardo al posto che può occupare la valvola; quindi il primo ed il secondo difetto delle antiche trombe (1117, 1118) si trovano interamente corretti.

1138. D'altronde al primo istante che lo stantuffo comincia a discendere, la valvola, cessando di essere sostenuta dall'acqua che sale, si chiuda di nuovo trascinata dal proprio peso, che agisce all'estremità del proprio braccio di leva, senza veruna opposizione, tranne quella dell'attrito dei perni; allora la colonna d'acqua che è al di sopra, appoggiandosi molto di più sul grande segmento che non sul picciolo, è impossibile che la valvola possa aprirsi da sè stessa; al contrario più sarà grande il peso della colonna da essa sostenuta, più i margini si appoggeranno contro i loro registri.

1139. Per poter dare maggior superficie al cerchio interno del registro che al cerchio dello stantuffo (1134) si è dilatata la sommità D E di ciascun corpo di tromba C D E F, Tavola 4, figura 3, come pure il loro capitello G H I K, per supplire al volume che occupa la valvola A B quand'è aperta, acciò l'acqua premuta non sia forzata in verun punto.

Per la stessa ragione si è soppressa la *forchetta* della vecchie trombe (1111), ed invece si è sostituito un recipiente N O P Q R, che forma un solo pezzo coi tre capitelli G H I K essendo fusi insieme; vedesi quindi che l'acqua premuta dagli stantuffi si riunirà nel recipiente per passare di là nel tubo, e che per questo mezzo il tarzo difetto (1119) si trova interamente corretto.

La figura 1 rappresenta esteriormente l'unione dei corpi di tromba coi loro capitelli, ed il recipiente munito di un cordone M che serva a sostenere il tutto su gli ascialloni da cui deve essere abbracciato questo recipiente. La seconda è una sezione che passa per la verticale 6 T, la quale fa vedere l'interno del recipiente nel punto S L, la forma esteriore del corpo di tromba che è nel mezzo ed il profilo del cordone M del recipiente.

La quarta è un'altra sezione che passa per la verticale V X per mostrare l'interno del recipiente, del capitello e del corpo di tromba che è nel mezzo, con la disposiziona in cui si trova la valvola A B quando è aperta e veduta di fronte.

La sesta è una sezione orizzontale presa su la linea Y Z, che rappresenta la sommità dei corpi delle trombe prementi, le loro labbra e la dilatazione D E. Finalmente la settima è un'altra seziona orizzontale presa su la linea N R del recipiente per farne vedere il fondo e la sua unione, col collarino H I dei capitelli, il cui diametro in questa parte è eguale a quello dei corpi di tromba.

1140. Quanto alla figura 5, comprende essa un profilo che mostra la comunicazione delle trombe aspiranti e prementi per mezzo della vasca ad esse comune, e degli stantuffi che debbono agire nello stesso tempo nell'una e nell'altra per aspirara e premere l'acqua; e siccome questi stantuffi non hanno nulla di comuna con quelli di cui è si fatto uso finora, ne darò la spiegazione.

1141. Per fare uno stantuffo scevro da difetto fa d'uopo che la sua costruzione sia soggetta a quattro condizioni essenziali.

La prima che sia traforato da un'apertura abbastanza grande acciò l'acqua che deve attraversarlo possa riempire interamente il corpo di tromba nel tempo che lavora lo stantuffo (953, 954).

La seconda che la valvola che chiude il passo lasci all'acqua tutta la libertà di salire; e quando è abbassata sia ben chiusa.

La terza che l'asse dello stantuffo si trovi sempre verticale malgrado

l' obliquità che riceve l' asta nel moto dei bilici o delle manovelle per evitare ogni storcimento, affinchè il cuojo che cinge lo stantuffo non fatichi più da una che da un' altra parte.

La quarta che il cuojo il quale produce l'adesione dello stantuffo alla superficie interna del corpo di tromba, sia talmente disposto che possa durare a longo per evitare le frequenti riparazioni a cui dà luogo questo pezzo, onde sovente uno o più equipaggi deve riposare; alla qual cosa si può aggiugnere che acciò lo stantuffo sia compiuto deva essere più solido che sia possibile perchè di tutti i pezzi di una tromba è quello che fatica di più: queste sono le condizioni a cui si è tentato di adampiere nella costruzione dello stantuffo che abbiamo immaginato.

1142. Il corpo di questo stantuffo è composto di una scatola di ghisa I C D K, Tavola 5, figure 10, 11, 12 e 20, che serve di anello ad un numero di animella di cuojo G H premute le une su le altre, aventi per base uno sporto E F che circonda la scatola a guisa di cornice.

La superficie esterna di questa scatola verso la sommità C D è tagliata a vite per adattarsi ad un anello A B che serve di dado ed a premere le animelle di cuojo quant' è possibile; poscia si è applicata su quest' anello una valvola a bilico, simile a quella da noi descritta, fermata da quattro viti.

La parte inferiore della scatola è terminata da due orecchie I, K traforate per ricevere una cavicchia L M che serve ad infilare una forca N O, il cui manico P non è altro che l' asta dello stantuffo che può agire liberamente intorno alla sua cavicchia; quindi allorchè lo stantuffo sarà allogato nel corpo di tromba, e che i bilici o le manovelle faranno uscir l' asta dalla direzione verticale lo stantuffo vi si conserverà e lascierà prendere all'asta le obbliquità che può far nascere l' azione della macchina senza che lo stantuffo ne riceva veruno sforzo, il che soddisfa alla 3.ª condizione.

Le animelle di cuojo essendo applicate le une su le altre comporranno insieme un corpo incomparabilmente più solido, che se non vi fosse intorno alla scatola se non una fascia come al solito, perocchè il cuojo è capace di maggior resistenza sul taglio che su la superficie; d' altronde l' adesione ne sarà più perfetta, perocchè a misura che si logorerà il cuojo per l'attrito sarà per così dire rinnovato dalle parti contigue che sono cacciate in fuori per uscire dalla strettezza in cui sono costipate, tendendo, per l' acqua di cui sono imbevute, ad occupare un più gran volume; e siccome non possono dilatarsi se non verso le pareti del corpo di tromba queste animelle serviranno lungamente senza essere costretti a rinnovarle, tanto più che non faticheranno mai più da una parte che dall' altra, il che soddisfa alla quarta condizione.

Se la scatola di questo stantuffo è di bronzo, si potrà sempre fare il suo diametro interno almeno tanto grande come quello del tubo d' aspirazione; e siccome il foro della valvola è supposto avere lo stesso diametro di quello della scatola, vedesi che quando lo stantuffo discenderà, vi potrà passare a traverso almeno tant'acqua quanta ne deve premere salendo, e ne potrebbe anche innalzare più che non ne può contenere il corpo di tromba, perchè il peso dell' aria agisce totalmente su la superficie dell' acqua che è nelle vasche, il che soddisfa alla prima ed alla seconda condizione.

1143. Circa lo stantuffo aspirante, esso è costrutto affatto simile al precedente; tutta la differenza sta in questo che lo sporto A B, Tavola 5,

figure 18, 19 e 21, al pari delle orecchie C D che servono a sospendere lo stantuffo alla forchetta E, che fa le veci di asta, deve essere in alto; quindi la vite e l'anello F G devono essere collocati inferiormente alla scatola H per sostenere e serrare le animelle di cuojo I K. Circa la valvola, nella figura 21 che rappresenta la parte superiore dello stantuffo veduta orizzontalmente, scorgesi che la linguetta del registro è incavata nel luogo delle orecchie O P, e che di tali linguette non rimangono che le due parti M, N, attaccate sul labbro con viti.

Siccome la figura 18 rappresenta con molta naturalezza il profilo di questo stantuffo, e la figura 19 la disposizione esterna della scatola e di tutte le parti che l' accompagnano, eccetto le animelle di cuojo che si sono soppresse per non asconderne il corpo, non mi arresterò ulteriormente perchè tutto ciò che ho detto circa lo stantuffo precedente può essere applicato anche a questo.

1144. Per conoscere il rapporto delle parti della valvola sviluppata nella tavola 5, circa la grossezza del corpo di tromba in cui si vorrà impiegarlo, bisogna sapere che si è preso il diametro della tromba diviso in otto parti eguali e la prima suddivisa ancora, per la scala di cui si è fatt'uso anche per gli stantuffi; cioè che le parti del diametro del corpo di tromba debbono essere considerate come arbitrarie al pari dei moduli nell'architettura civile.

Per esempio, se si vuol sapere qual debba essere il diametro interno del registro della valvola, bisogna prenderlo col compasso nella figura 9, portarlo su la scala, e si troverà di 8 parti e mezzo; cioè che se il diametro del corpo di tromba è di 8 pollici, quello del registro della valvola sarà di 8 pollici e 6 linee.

Del pari se si chiede qual debba essere il diametro interno della scatola dello stantuffo premente, prendo nella figura 10 questo diametro, e misurato su la scala trovo che contiene 8 parti e mezzo; il che dimostra che se questo diametro è anche di 8 pollici, quello di tale scatola sarà di 4 pollici e 6 linee, e così degli altri; perocchè sebbene la scala che appartiene agli stantuffi sembri meno grande di quella della valvola, ciò non impedisce che l'uno e l'altro possa appartenere alla stessa tromba, avendo fatto più piccola quella degli stantuffi, soltanto per poter raccogliere su la stessa tavola i loro sviluppi.

1145. Ci rimane a dare il modo di segnare la dilatazione superiore dei corpi di tromba e la forma dei loro cappelli; per cominciare dal dilatamento delle trombe fa duopo dividere il diametro A B, Tavola 3, figura 8, in otto parti eguali che chiameremo moduli: sul mezzo s' innalzerà la perpendicolare C D che sarà di tre moduli; pel punto D si farà passare la linea H G parallela al diametro A B, e dal punto D, come centro, e col raggio D A oppure D B, si descriveranno gli archi A E, B F, che formeranno la dilatazione A E F B.

Fa duopo che la larghezza dei margini E H, F G sia di un modulo maggiore della grossezza che si darà al metallo delle trombe, per lo sforzo che dovranno sostenere, e che gli sporti O sieno di un mezzo modulo.

Per tracciare il profilo dei capitelli, bisogna cominciare dal descrivere un rettangolo I Z L K, la cui base I K sia di 11 moduli, e l'altezza I Z di 2; poscia tracciare sul mezzo della linea I K un altro rettangolo M T X N, la

cui base M N sia eguale al diametro AB del corpo di tromba, e l'altezza M T di 6 moduli.

Ciò posto, si dividerà la linea ZL in tre parti eguali nei punti Q, R, e da questi punti come centri si descriveranno gli archi ZT ed LX; finalmente si prolungheranno le perpendicolari MT, NX dell'altezza TV, XY di moduli 2 1/2 per avere il rettangolo TVYX, che indicherà l'interno del collarino del capitello.

Dopo questa costruzione, che serve a formare i nuclei di cui ha bisogno il fonditore, non rimane più che a determinarsi lo spessore del metallo conformandosi all'articolo 950, e si osserverà di fortificare i margini HE ed FG dei corpi di tromba coi quadranti P.

Per dir qualche cosa anche del recipiente XOQR, Tavola 4, figura 3, si determinerà la lunghezza XR della sua base, secondo il numero dei corpi di trombe che si dovranno accollare: per esempio quando ve ne saranno tre, si farà XR quintuplo del diametro dei corpi di tromba, e triplo quando non ve ne saranno che due. Se non mi sono conformato a questa regola è perchè vi sono stato costretto dalla disposizione delle parti della macchina al ponte di Nostra Donna. Riguardo alla larghezza interna del recipiente, fa duopo che sia eguale al diametro de' corpi di tromba, e dare ad esso maggior altezza che sia possibile, per diminuire l'inclinazione de' suoi lati.

1146. Avendo fatto osservare negli articoli 999, 1011 e 1012, i difetti delle trombe di Val-Saint-Pierre, per cui non somministravano che 10 moggia d'acqua ogni ora, invece di 15 che ne potrebbero produrre se fossero rettificate, mi sono riservato di far vedere in questo il modo di render perfette tali trombe, acciò conoscendo quanto ho indicato per quelle del ponte di Nostra Donna si entri più facilmente nelle mie vedute, e profitterò di tale opportunità per mostrare la disposizione che bisogna dare alle trombe quando si vuole che gli stantuffi premano all'ingiù.

Suppongo che si tratti di una macchina che debba far muovere tre stantuffi per premere d'alto in basso l'acqua dei loro corpi di tromba in uno stesso tubo ascendente, in guisa che non incontri per via nessun ostacolo, perchè la potenza sia totalmente impiegata nell'adempiere la sua funzione principale; che siasi determinato l'innalzamento degli stessi stantuffi rapporto alla costruzione della macchina onde conoscere l'altezza che si dovrà dare ai corpi di tromba, e che siasi trovato il loro diametro relativamente alla forza del motore ed all'innalzamento del serbatojo sopra la sorgente, seguendo la regola riferita al § 1032.

Ciò posto si consideri la figura 1, Tavola 6, che rappresenta il profilo delle parti di una tromba, il cui diametro è supposto di 8 pollici e l'innalzamento degli stantuffi di 20; questo profilo comprende tre pezzi principali; 1.° il corpo di tromba ABCD fuso col pezzo EFGD, il cui diametro interno è uguale a quello dello stantuffo; 2.° il braccio FGHIK dilatato allo sbocco per le ragioni riferite nell'articolo 1139; 3.° il recipiente LNOM, fuso coi cappelli KLMI.

Riguardo alle valvole poste nel fondo CD dei corpi di tromba allo sbocco KI delle braccia, Tavola 6, figura 1, si suppongano fatte a bilico, come si è descritto negli articoli 1134, 1137, 1138, e che tutti i luoghi per cui deve passar l'acqua sieno almeno grandi come il cerchio dello stantuffo; che quelli del collarino NPQO e del tubo ascendente abbiano una

superficie doppia di quella del cerchio dello stantuffo onde aver riguardo all' articolo 898.

Le figure 2 e 3 esprimono l'elevazione esterna di questa tromba considerata di fianco e di fronte del recipiente, la quarta il profilo del recipiente, dei capitelli e del gomito delle braccia; la quinta rappresenta orizzontalmente la congiunzione dei corpi di trombe delle braccia e del recipiente; e la sesta la sezione orizzontale dei corpi di trombe muniti dei loro bracci.

Per far conoscere in qual modo quest' equipaggio deve essere stabilito solidamente, vedesi nelle figure 1, 2 e 5 che i corpi di tromba sono collegati insieme dagli asciulloni RS fasciati di ferro; che le braccia sono incastrate e fermate sopra una trave TV, e che il recipiente è sostenuto dagli asciulloni XY. Aggiugnerò che nelle figure 1 e 2 si è rappresentato il tubo d'aspirazione Z, di cui debbono essere munite le trombe quando non corrispondono immediatamente alla sorgente.

1147. Giova osservare così di sfuggita che quando si vogliono accollare due trombe per gl' incendj, come quella che è rappresentata dalla Tavola 13, del capo precedente, per renderle senza difetto convien farle come quelle che ho descritto poc' anzi, cioè che invece di terminare in una forca, fa duopo che corrispondano a due braccia unite ad un recipiente, non impiegare che valvole a bilico e stantuffi come quello descritto all' articolo 957.

1148. Avendo fatto osservare anche nell'articolo 1055 che le trombe della Samaritana avevano lo stesso difetto di quelle di Val-Saint-Pierre e del ponte di Nostra Donna, ho delineate le figure 7 e 8 che mostrano la forma che bisognerebbe dare a ciascun equipaggio di questa macchina per renderla capace di un prodotto proporzionato alla forza della corrente che la fa agire. Siccome queste figure sono espresse così naturalmente che non occorre se non un colpo d'occhio per giudicare del loro oggetto, e colla scala si troverà il rapporto delle loro parti, non mi arresterò di più.

Nell' articolo 317 ho detto che non si deve cominciare una macchina senza aver prima fatto uno progetto ben circostanziato delle dimensioni e forme che convengono a ciascun pezzo; quindi riferirò per un esempio quello che ho trasmesso al fonditore per la costruzione delle trombe del ponte di Nostra Donna.

Progetto delle Nuove trombe per la rettificazione della macchina applicata al ponte di Nostra Donna a Parigi

I.

I corpi di trombe prementi saranno nel numero di tre annesse a ciascun equippaggio, il che dà 12 corpi di trombe per tutti e quattro gli equipaggi, i quali debbono essere uniformi nelle loro dimensioni come sono rappresentati dall' alzato e dal profilo di uno di questi equipaggi.

II.

Per maggiore intelligenza si sono disegnate in grande le parti principali di un corpo di tromba e del capitello che vi corrisponde, acciò l'uno

e l' altro possano servire di modello al fonditore, il quale non avrà che da imitare esattamente, tratto per tratto ciò che è espresso nel disegno.

Il diametro interno A B, Tavola 3, fig. 8, di ciascun corpo di tromba sarà di 8 pollici, e l' esterno di 9 pollici ed 8 linee, onde lo apessore del metallo sia di 10 linee.

III.

L' altezza dei corpi di tromba sarà di 32 pollici fra le loro estremità l' inferiore sarà dilatata 8 linee per l' altezza di 2 pollici, cioè, per facilitare l' introduzione dello stantuffo, l' imboccatura dei corpi di trombe avrà 8 pollici ed 8 linee di diametro.

IV.

Riguardo al diametro E F dell' estremità superiore che corrisponde all' uscita dell' acqua, deve essere di 10 pollici onde formare una dilatazione A E F B per un' altezza C D di 3 pollici.

Per tracciare questa dilatazione, si descriveranno dal centro D e coll' intervallo D A le parti di cerchio A E, B F.

Il diametro esterno H G della stessa estremità deve essere di 13 pollici ed 8 linee ond' avere una corona di un pollice e 10 linee di larghezza per la congiunzione del corpo di tromba e del suo capitello.

V.

La larghezza dello sporto H G, che serve di cordone, sarà di 6 linee per uno spessore H O o G O di 10 linee, e immediatamente dopo questo cordone si farà un ovolo P di 8 linee di raggio.

VI.

Ogni corpo di tromba sarà munito di quattro labbri, Tavola 4, figura 6, per unirlo al proprio capitello.

VII.

Ciascun corpo di tromba sarà incavato ben retto, perfettamente cilindrico, ben calibrato, e la superficie interna levigata quanto si può; al che il fonditore avrà grande attenzione, esigendo questo pezzo di essere fatto colla massima accuratezza.

VIII.

I capitelli saranno figurati interiormente come rappresenta il loro profilo, Tavola 3, fig. 8. Il loro diametro IK sarà di 11 pollici internamente e di 13 pollici ed 8 linee preso all' esterno; quindi lo sporto del cordone sarà di 6 linee e la grossezza di questo capitello 10 linee.

IX.

Per descrivere il capitello si prenderanno sul diametro M K le parti I M ed M K ciascnne di un pollice e 6 linee, si innalzeranno ai punti M ed N delle perpendicolari indefinite, s' innalzeranno pure le perpendicolari I Z, K N di 2 pollici, si condurrà la Z L paralella alla linea I K, si dividerà in tre parti eguali nei punti Q, R, e da questi punti, come centro, coi raggi R Z e Q L si descriveranno gli archi Z T, L X, che incontrando le perpendicolari innalzate ai punti M, N determineranno la concavità del capitello, di cui si avrà il collarino dando alle linee T V, X Y 2 pollici e 6 linee.

X.

Ogni cappello sarà munito di quattro labbri disposti in modo da poter congiugnersi esattamente con quelli dei corpi di trombe per unirli insieme a viti e dadi come al solito; bisogna inoltre che questi capitelli sieno ben lisci e che la superficie interna sia addolcita come quella dei corpi di tromba.

XI.

L'intervallo fra il collarino di un capitello e quello di un altro deve essere 4 pollici ed 8 linee presi esteriormente; allora, secondo le precedenti misure, la distanza da un corpo di tromba all'altro sarà pure di 4 pollici ed 8 linee.

XII.

I tre cappelli corrispondenti a ciascun equipaggio saranno fusi con un recipiente M N O Q R, Tav. 4, fig. 8, destinato alla comunicazione dell'acqua dei corpi di trombe nel tubo saliente: questo recipieute avrà pel di sotto e nell'interno della sua lunghezza N R, 35 pollici e 4 linee per una larghezza di 8 pollici, presa essa pure internamente.

XIII.

L'altezza di questo recipiente compressa fra O Q ed N R sarà di 23 pollici, e la sua sommità terminerà ad un collarino O P Q di 8 pollici di diametro per un'altezza di 4 pollici, osservando che se si potessero avere de' tubi salienti del calibro di 12 pollici, bisognerebbe dare a questo collarino 12 pollici di diametro invece di 8.

Il fonditore osserverà bene di fare in guisa che il centro di questo collarino corrisponda precisamente al mezzo dell'intervallo che si trova fra il primo ed il secondo corpo di tromba, affinchè il secondo tubo verticale non impedisca l'azione de' telaj che portano gli stantuffi.

XIV.

Per giudicare in qual modo il recipiente ed i capitelli dei corpi di tromba debbono essere uniti insieme, bisogna considerare le figure 2 e 4 che sono profili, il primo de' quali fa vedere che il fondo A L B del recipiente è fatto a semicerchio, ed il secondo che le faccie opposte dello stesso recipiente sono riunite da una curvatura A B C, formante anch' essa un semicerchio di 8 pollici di diametro.

XV.

Lo spessore del recipiente dev' essere di 16 linee ed uniforme dal vertice fino alla linea E F della congiunzione dei capitelli.

XVI.

La superficie esterna del recipiente sarà munita di un cordone situato nel mezzo della sua altezza; questo cordone avrà uno sporto di 2 pollici per uno spessore di un pollice, congiunto in isbieco con la superficie del recipiente; il suo scopo è di sostenere il recipiente su gli ascialloni che debbono abbracciarlo.

XVII.

Per facilitare la congiunzione del collarino del recipiente col tubo saliente, e far in guisa che questo tubo sia inclinato in modo da poter passare nelle aperture praticate nel tavolato della gabbia della macchina, si congiugneranno con un tubo inclinato di ghisa, secondo il profilo che sarà consegnato al fonditore; questo tubo pure dev'essere munito di labbri alle sue estremità per unirlo al collarino del recipiente ed al tubo saliente.

TROMBE ASPIRANTI.

XVIII.

I corpi di trombe d'aspirazione che servono ad innalzare l'acqua nelle vasche avranno interiormente 8 pollici e 3 linee di diametro per 30 pollici di altezza ed 8 linee di spessore, e si faranno ad essi dei margini per sostenerli nel fondo delle vasche; saranno, poi levigati e condizionati come quelli dell' articolo settimo.

XIX.

L'imboccatura di queste trombe sarà dilatata 8 linee sopra due pollici di altezza, come nell' articolo 3, per facilitare l' introduzione dello stantuffo.

XX.

Questi corpi di trombe devono essere collocati nel fondo delle vasche alla distanza di 4 pollici e 10 linee l' uno dall'altro, in modo che il loro asse e quello delle trombe superiori sieno in una stessa verticale, affinchè gli uni e le altre si corrispondano perfettamente, osservando che vi sieno 21 o 22 pollici di distanza fra le trombe superiori ed inferiori, affinchè l'azione del loro stantuffo possa seguire liberamente; quindi si vede che la posizione delle trombe superiori deve stabilirsi relativamente alle inferiori.

XXI.

In questa perizia non si parla punto del modo in cui debbono essere condizionati gli stantuffi e le valvole, perocchè se ne manderanno i modelli al fonditore ai quali converrà che si uniformi in ogni punto, non essendo possibile esprimere in iscritto la figura e la disposizione di un gran numero di picciole parti, che non si possono intendere se non col soccorso dei modelli.

XXII.

Il fonditore si conformerà esattamente a tutti gli articoli della presente perizia, osserverà specialmente che la sua fusione sia di buona materia, che non vi s'incontrino screpolature, mentre il suo lavoro sarà scrupolosamente visitato prima di essere accettato, e nel caso che vi si trovasse qualche difetto sarà obbligato a rifare a sue sole spese i pezzi che non si saranno bastantemente trovati perfetti, senza che possa pretendere verun indennizzo, mentre a queste condizioni gli sono state accordate le opere di cui sopra.

LIBRO QUARTO

DESCRIZIONE DI VARIE MACCHINE NUOVE PER INNALZARE L'ACQUA; MODO DI CONDURLA E DISTRIBUIRLA ALLE FONTANE PUBBLICHE, DI FARLA ZAMPILLARE NEI GIARDINI E DI CONSERVARLA NEI SERBATOI O BACINI.

CAPO PRIMO

OVE SI DANNO VARJ METODI PER INNALZAR QUANTO VORRASSI AL DI SOPRA DEL SUO LIVELLO L'ACQUA DI UNA CADUTA.

1149. Dacchè si ricorse alle acque della Senna per aumentare in Parigi il numero delle fontane pubbliche, i signori Preposti dei Mercanti e Scabini hanno sempre desiderato di farne salire su la piazza del Supplizio, in cui non se ne trova come pur nei dintorni di essa; ma siccome questo quartiere è il più elevato di Parigi, il suo piano di livello trovandosi superiore al letto del fiume di circa 105 piedi, e distante 680 tese, questo progetto non si è ancora intavolato per le difficoltà d'esecuzione e per la spesa straordinaria che si giudicava indispensabile a compierlo.

Conoscendo che le doccie della macchina applicata al ponte di Nostra-Donna sono elevate 81 piedi (1128) sopra il letto del fiume, si saprà cha il pianterreno della piazza del Supplizio è elevato 24 piedi circa sopra il fondo delle stesse doccie; per conseguenza si trova superiore al letto del fiume 105 piedi; ma siccome fa d'uopo che l'acqua che vi si vuol condurre si scarichi in una doccia la quale sia almeno 15 piedi superiore allo stesso pianterreno, onde potere praticare un serbatojo, e che quest'acqua che deve fare più di 687 tese di cammino abbia circa 16 piedi di altezza per essere cacciata con velocità conveniente, vedesi che dapprima bisogna innalzarla a 136 piedi sopra il letto del fiume.

Le antiche trombe della macchina applicata al ponte di Nostra Donna non elevando che con molto stento l'acqua ad 81 piedi, non si ebbe cura d'intraprendere di farla salire 55 piedi più alta per condurla alla piazza del Snpplizio; d'altronde siccome l'edificio alla sommità del quale si trovano le sue doccie è portato da pali, ed è formato da un sistema di legname, non abbastanza solido per essere innalzato quanto occorrerebbe, non si è potuto abbracciare il partito che sembra più naturale per elevar l'acqua alla nominata piazza, ed ecco i principali motivi per cui i magistrati della città si decisero alla costruzione di una nuova macchina.

Da dieci anni in qua questi ostacoli non hanno fatto che eccitara l'emulazione di un gran numero di meccanici che si sono portati a Parigi da

ogni provincia del Regno ed anche da paesi esteri, sapendo che Turgot più di ogni altro suo predecessore aveva a cuore questo progetto; ma questo grande magistrato, poco contento delle produzioni degli uni, atterrito delle condizioni che esigevano gli altri, differì sempre prima di determinarsi sopra un così importante progetto.

Nel mese d'agosto del 1737 due stranieri uniti, proposero ai magistrati della città di costruire una macchina mossa dall' azione del fuoco per innalzare una certa quantità d'acqua su la piazza del Supplizio, mediante queste condizioni; che si dessero loro 900000 lire per la costruzione della macchina, 200000 lire d'onorario, la direzione della macchina, e 50000 franchi di annua manutenzione, cosicchè occorreva un fondo di due milioni e cento mila lire.

Dopo queste belle proposizioni, di cui sono stato testimonio, dimostrai ai magistrati civici che con 17 o 18 mila lire si poteva rendere la macchina del ponte di Nostra Donna capace di somministrare 100 pollici d'acqua più di quella che ordinariamente produce, e che con una spesa mediocre non disperava di far passare una parte di quest'acqua alla piazza del Supplizio. Avendo studiato seriamente per giugnervi, ho trovato diversi mezzi, fra i quali ve n' ha uno dei più semplici che potrà essere eseguito tosto che le trombe della macchina applicata al ponte di Nostra Donna saranno rettificate; e siccome dal successo di questo primo progetto dipende quello del secondo, la discrezione m'impegna, senza voler fare il misterioso, ad aspettare per esporre le mie nuove idee, che il fatto abbia confermato ciò che annunziai nel precedente capo; frattanto le mie riflessioni su questo soggetto avendomi fatto nascere l'idea di una macchina per innalzar tanto alta quanto vorrassi l'acqua di una caduta al di sopra del suo livello, ho creduto di non dover esitare a farne parte al pubblico, potendo divenire utilissimo in un gran nomero d'occasioni.

Questa macchina può essere considerata come una delle più recenti e singolari; non già che prima di me non siasi pensato a far uso di una caduta per far sì che una parte dell'acqua innalzi l'altra sopra il suo livello, come faremo conoscere che eseguirono Francini nel giardino dell'antica biblioteca del re per mezzo di una specie di bindolo; Bucket in Inghilterra con due secchi che salendo e discendendo divengono alternativamente uno più pesante dell'altro; e per ultimo Dueille e Denisard ossia Gosset, quel medesimo di cui parlammo agli art. 673 e 960, in un modo assai ingegnoso, che fece loro molto onore fra gli uomini dotti, ma che non ha nulla di comune con quello che andrò sviluppando, il quale meriterà forse l'attenzione dei curiosi a motivo della semplicità e dell'aggiuatatezza che regna in tutte le sue parti, le cui dimensioni sono determinate secondo le regole più esatte.

1150. Io son di parere che convenga far osservare di sfuggita che una caduta d'acqua prodotta da chiuse, dighe, ture, tubi discendenti ecc., non contiene nulla che non sia comune all'azione di tutte le correnti, poichè una corrente naturale può anch' essa supporsi proveniente da una caduta di cui si determina l'altezza conoscendo la sua velocità come abbiamo indicato nell'art. 601: infatti, basta che l'acqua che deve far agire una macchina abbia una certa velocità per essere capace d'imprimerne col suo impulso, ed è molto indifferente il come l'abbia acquistata; quindi è es-

senziale di osservare che quando si fa uso di un tubo discendente, non è dall' altezza della caduta ch' esso forma che devesi giudicare di quella a cui l' acqua può essere innalzata coll' ajuto di una macchina, ma dalla velocità rispettiva dell'acqua della caduta, come abbiamo indicato negli articoli 899, 900 e come pure giudicherassi dall'esempio riferito nell'art. 1169. Uomini abili, per non aver avuto attenzione a ciò, si sono ingannati volendo calcolare le macchine simili a quelle che formano l'oggetto del presente capo, avendo calcolato su la spinta assoluta dell'acqua della caduta, mentre non avrebbero dovuto aver riguardo che ad una spinta relativa.

1151. Per esporre i due casi principali in cui si può impiegare la macchina testè indicata, suppongo, come succede molto frequentemente, che si abbia una casa di campagna situata sopra un' eminenza alla cui portata sia una sorgente molto più bassa, ma nondimeno superiore 10 o 12 piedi al livello del terreno per cui si scarica; allora con la nostra macchina, senza soccorso di verun estraneo motore, si potrà far salire continuamente una parte delle acque di questa sorgente pei bisogni della casa, e se è bastantemente abbondante, impiegare il superfluo alla decorazione dei giardini.

1152. Suppongo in secondo luogo che siensi condotte in una città le acque di una o più sorgenti dei dintorni per raccogliersi in un serbatojo, o che provenendo da un fiume, una macchina le abbia costrette a condursi nello stesso luogo da cui non possono essere distribuite che ad un certo numero di fontane situate in diversi quartieri, e se ne incontri uno più elevato della sorgente principale, ove pure si vorrebbe far salire; allora, se l'acqua della prima doccia si trova elevata 10 o 12 piedi più che non occorre per essere condotta in quella delle fontane che questa prima deve mantenere, si potrà col soccorso della stessa macchina far sì che l'acqua destinata a queste fontane non vi si riduca se non dopo averne fatto salire al quartiere più elevato; con questo mezzo tutta l' acqua sarà impiegata utilmente e non se ne avrà dispersione.

1153. Se il quartiere più eminente si trovasse molto distante dal serbatojo e vi fosse in vicinanza una fontana, la cui doccia, fosse bastantemente elevata per dare una caduta di 10 od 11 piedi, si potrà ancora per evitare la moltiplicazione dei tubi, condurre a questa fontana maggior quantità d' acqua che non deve dispensare, perchè una parte avendo fatto salir l' altra al quartiere ove ne manca, ciò che rimane dopo aver fatto agire la macchina serve a mantenere questa fontana ed anche molte altre poste nel quartiere più basso.

1154. Ciò che ho indicato diverrà più sensibile considerando, 1.° che il tubo che parte dalla prima doccia, dopo essere stato condotto sotto il pavimento, si conduce alla gabbia della fontana più vicina al quartiere eminente ove è rialzata verticalmente, come rappresenta la sua parte superiore A B, per scaricarsi nella vaschetta C, Tavola 1, figura 3, al fondo della quale è un tubo discendente C D di 10 ad 11 piedi di altezza, sempre pieno di acqua malgrado la dispensa che se ne fa al piede. 2.° Che l'acqua all'uscita del tubo discendente C D si distribuisce in due parti disuguali, la minore delle quali passa pel tubo di comunicazione H G per essere premuta nel tubo ascendente G che si scarica nella doccia M superiore al quartiere eminente. 3.° Che quest' acqua discende poscia nel tubo M N per essere condotta nell'altro N Q che scorrendo sotto il pavimento la fa risalire alle fontane di questo quartiere.

1155. Per giudicar rettamente dell' azione dell' altra parte dell' acqua bisogna conoscere che lo spazio FE contiene la macchina di cui si tratta, composta di due corpi di tromba FP ed OD situati orizzontalmenta, aventi un doppio stantuffo; che il primo corpo di tromba FP' di un diametro minore dell' altro fa salir l' acqua dalla comunicazione HG nel tubo FL, che il secondo riceve ad intervalli l' altra parte dell' acqua che fa salire la prima spingendo innanzi lo stantuffo, e che poscia per l' azione di un robinetto si scarica nella vasca I, che rappresenta quella di distribuzione della fontana in cui esiste la macchina.

Quelli che mi avranno inteso, e che dietro esatte livellazioni come quelle che si sono eseguite conosceranno la situazione della piazza del Supplizio relativamente alla fontana di S. Benedetto ed al pianterreno del sobborgo S. Germano, converranno che questo modo di far agire l'acqua può essere messo in uso a Parigi con molto successo; nondimeno, come ho già detto, vi è un altro mezzo ancor più semplice di far salire tutta ad un tratto l'acqua del fiume alla piazza del Supplizio, senza dover costruire una nuova macchina.

Descrizione ed analisi di una nuova macchina per innalzar l'acqua di una caduta al livello superiore della sorgente di essa.

1156. Un poco d' intelligenza nel disegno farà giudicare agevolmente della macchina che descriverò co'suoi sviluppi, la cui relazione è marcata da lettere simili; vedrassi che i tubi ABCD, EFGH, Tavola 1, figure 4, 5 e 6, rappresentano il picciolo corpo di tromba ed il grande di cui ho parlato nell'articolo 1155, e che sono collegati da un tubo di congiunzione IKEG intagliato per l' estensione LMNO, per facilitare il moto di un asse PQ che infila le aste degli stantuffi R ed S, la cui azione orizzontale è limitata dai termini ML, NO, contro i quali va ad appoggiarsi l' asse.

1157. La lettera T accompagna il tubo discendente indicato da CD nella figura 3 (1154), avente due rami rivolti ad angolo retto, il primo de'quali TY corrisponde al tubo di comunicazione YV che conduce l'acqua nel picciolo corpo di tromba, ed il secondo TZ è unito ad un robinetto che la introduce nel grosso.

La situazione di questo robinetto, che io chiamo a tre braccia, è composta di un bariletto *abc*, fig. 1, avente tre braccia dilatate *def*, *igk*, *lhm*; il primo è unito al corpo di tromba, il secondo che chiamo braccio d' impulso serve ad introdurre l' acqua che deve dare la spinta allo stantuffo; il terzo facilita la fuga dell' acqua stessa per condurla nella vasca di scarico.

Il bariletto comprende un robinetto traforato ad angolo retto *gof*, figura 6, il cui moto agisce in due tempi separati in ciascuno de' quali fa un quarto di rivoluzione alternativamente a destra ed a sinistra, cioè a dire, l' orifizio *g* prende il posto dell' orifizio *f*, ed allora quest'ultimo venendo a corrispondere all' orifizio *h* del braccio di fuga, figura 1, l' acqua che era entrata nel corpo di tromba è libera di uscire, senza poter essere rimpiazzata fintanto che il robinetto rimane in questa situazione, l'orifizio d'impulso essendo chiuso dalla massa P del robinetto.

1158. La figura 1, Tav. 2, rappresenta la pianta di un robinetto a tre braccia staccato dai pezzi che vi devono essere contenuti; la seconda è un profilo tagliato sulla lunghezza delle braccia di fuga e d'impulso ove la relazione delle parti si trova indicata dalle stesse lettere cui conviene seguire con qualche attenzione; la terza è un secondo profilo tagliato sulla direzione del braccio dello stantuffo, e la quarta rappresenta l'alzato del robinetto veduto di dietro; questa figura e la seconda, dimostrano che per impedire che l'acqua si perda pel fondo del bariletto, vi si è adattato un fondo attaccato da viti.

Siccome sarebbe stato difficilissimo traforare con bastante accuratezza il bariletto per collocarvi il robinetto in modo che chiuda esattamente gli orifizj di fuga e d'impulso, abbiamo creduto che per maggior semplicità convenisse collocarlo in un bossolo particolare, avente la forma di un bulbo, per incassarlo nel bariletto; la figura 5 rappresenta la pianta di questo bossolo in cui vedesi che la sua superficie dev'essere traforata nei punti C, F, B seguendo il contorno degli orifizj del bariletto. La figura 7 ne è il profilo tagliato sulla linea FI della sua pianta in cui si osserverà che il fondo NP è alquanto convesso acciò la base del robinetto non lo tocchi, dovendosi girare sopra un perno la cui ralla è rappresentata in O; si osserverà pure che per impedire che il bossolo vacilli, il suo orlo è munito di due orecchie *a*, *b*, che debbono essere incassate nelle due piaghe CD, figure 2, 3, 4, praticate nel rialzo superiore del bariletto; quanto alla forma esterna del bossolo se ne giudicherà dalla figura ottava.

Circa al robinetto, la sua pianta è rappresentata dalla figura 6; il profilo dalla figura 9, e la sua elevazione dalla figura 10, in cui si distingue il suo perno S e il suo asse T, che agisce nell'occhio di un capitello VXY, figure 12 e 13, che serve di coperchio al bariletto espresso distintamente al pari del fondo nella figura 11 che rappresenta un alzato esterno del robinetto triplice, veduto in faccia all'orifizio di fuga.

Non essendovi attrito sensibile dove non è pressione, è facile concepire che sebbene il robinetto sia dello stesso calibro del suo bossolo, la superficie non produrrà che una debole resistenza, poichè deve girare sul suo perno, il quale non appoggia se non al punto del suo asse L, contro il margine dell'occhio del capitello, ove sostiene la spinta dell'acqua discendente.

1159. Per ispiegare ciò che appartiene al picciol corpo di tromba, si saprà che è legato al ramo $q\,r$ di un tubo verticale z svasato alle sue estremità s, f, figure 3 e 4, Tav. 1ª, per facilitare l'azione delle valvole a bilico che vi si trovano collocate (1133), che questo tubo corrisponde superiormente al tubo ascendente u, indicato nella terza figura dalle lettere FL, ed inferiormente è attaccato al gomito x che lo unisce alla comunicazione V Y.

1160. Si avrà una giusta idea degli stantuffi di questa macchina considerando che l'asta AB del minore, Tavola 2, figura 14, e l'altra CD del maggiore sono due canne di ghisa innestate una nell'altra, trattenute dall'asse I (1156), di modo che levando quest'asse puossi, facendo scorrere la canna piccola nella grossa, abbreviare l'intervallo AD per introdurre gli stantuffi nel loro corpo di tromba, o per ritirarli.

All'estremità di ciascuno di tali assi vi è un picciolo cilindro E, la cui

estremità è fatta a vite per ritenere, mediante un dado, lo stantuffo a cui questo picciolo cilindro serve di nocciolo, osservando che questo nocciolo che si suppone incavato, deve esser fuso insieme alla propria asta come giudicherassi dall' estremità del profilo F che ne fa vedere l' interno.

Il corpo di ciascun stantuffo è composto di una viera A, fig. 17, fusa con una specie di collare D; questa viera, la cui estremità è fatta a vite, deve infilare varie girelle di cuojo sostenute da un anello B che le serra strettamente per mezzo di un dado G e della vite che è all' estremità della viera (957). Le figure 16 e 23 rappresentano le riunioni dei pezzi degli stantuffi, ciascuno dei quali deve essere infilato dal nocciolo E, e fermato col dado della vite che è all' estremità, come vedesi espresso distintamente dalle figure 17 e 24, che marcano il profilo di questi stantuffi e quello di una estremità delle loro aste. Considerando poi la fig. 25, si vedranno raffigurate le aste medesime in tutta la loro lunghezza, vedute parte di fuori e parte di dentro.

1161. Per impedire che la gravità degli stantuffi contribuisca a logorare le girelle di cuojo più presto verso il basso che altrove, ho creduto che per alleviarne l' attrito convenisse sostenere le aste con due rotelle: quella che corrisponde al grosso stantuffo è rappresentata in profilo ed in faccia dalla figura 21, che dimostra come l' asta è abbracciata da una scarpa di ferro A B C D E, l' una e l' altra legate insieme da un ago quadrato G H, e che questa scarpa è attraversata dalla cavicchia che serve di asse alla rotella F.

Riguardo all' altra girella G, la figura 20 fa vedere che si è dovuto metterla in parte nella canna A B C, che serve di asta al picciolo stantuffo; perciò si è incavata al di sotto, e disposto il metallo in guisa da poter servire di registro alla cavicchia D E; d' altronde si suppone che questi stantuffi sieno spalmati di una grascia composta di sugna vecchia ed olio d' uliva, per raddolcirne l' attrito.

1162. S' intenderà l' azione di questa macchina considerando 1.° che l' acqua del tubo di caduta C D, fig. 3 e 5 tav. 1.ª, avendo la libertà di sgorgare nella comunicazione H G salirà da sè stessa nel tubo G L fino al punto K ove metterassi a livello con quella della vaschetta C, perocchè le valvole *t* ed *s*, figura 5, essendo spinte per di sotto, la forza dell' acqua le aprirà per formarsi un passaggio; 2.° ch' essa non può salire senza entrare prima nel picciolo corpo di tromba e senza spingere lo stantuffo R, verso B D, e per conseguenza l' altro S verso il robinetto supposto nella situazione rappresentante dalla figura 1, affinchè l' orifizio d' impulso *g* essendo chiuso, e quello di fuga *h* aperto, fig. 1, 5 e 6 l' aria o l' acqua che sarebbe nel grosso del corpo di tromba possa evacuare. 3.° Che quando lo stantuffo S sarà giunto all' imboccatura F H del suo corpo di tromba, il robinetto, facendo tosto un quarto di rivoluzione per aprire l' orifizio d' impulso *g* e chiudere quello di fuga *h*, l' acqua della caduta spingerà innanzi questo stantuffo; perocchè se si suppone il suo cerchio sestuplo di quello del picciolo, vi saranno sei colonne d' acqua eguali a K F, figura 3, che agiranno insieme contro quest' ultima che sarà spinta verso N dall' acqua compresa nel picciol corpo di tromba dopo che avrà chiusa la valvola *t*, figura 5, ed aperta l' altra *s*. 4.° Siccome nell' istante in cui l' asse P Q sarà giunto contro il termine M L, il robinetto

deve fare un quarto di rivoluzione in senso opposto al precedente, per chiudere l'orifizio d'impulso ed aprire quello di fuga, l'acqua che conterrà il grosso corpo di tromba avendo la libertà di scolare, cesserà d'agire contro lo stantuffo S, e in tale istante quella che sarà montata, non essendo più spinta all'insù, chiuderà la valvola *s*, allora l'acqua della comunicazione Y V cacciata da quella della caduta per risalire allo stesso livello, aprirà come prima la valvola *t*, spingerà ancora lo stantuffo R verso B D, fig. 5 e 6, mentre l'altro S precipiterà la fuga dell'acqua che gli avea data la spinta fino all'istante in cui l'asse P Q, essendo giunto al termine N O, il robinetto farà un nuovo quarto di rivoluzione, per chiudere l'orifizio di fuga ed aprire quello d'impulso; il che darà luogo alla caduta di spingere di nuovo il grosso stantuffo che premerà ancora l'acqua del picciol corpo di tromba come prima, chiudendo la valvola *t* ed aprendo l'altra *s*, e costringerà la colonna che sosteneva quest'ultima a salire verso S, figura 3. Vedesi quindi che il gioco alternativo del robinetto farà salir l'acqua fino nella vaschetta M, purchè *il prodotto del cerchio dello stantuffo picciolo e dell'altezza della colonna* F L *sia minore del prodotto del cerchio del grande stantuffo per l'altezza della colonna* C D. Resta da dimostrare in qual modo agisca il robinetto, acciò il suo moto concordisi con quello dello stantuffo in modo che l'uno dipenda immediatamente dall'altro.

1163. Chiamo *regolatore* l'aggregato di varj pezzi di ferro che concorrono insieme ad aprire e chiudere alternativamente gli orifizi d'impulso e di fuga; per intendere bene il meccanismo fa d'uopo non solo seguire attentamente gli sviluppi espressi su la tavola 3, ma anche cercar su la quarta le parti di cui farò menzione, e che si troveranno raccolte in prospettiva, e indicate dalle stesse lettere.

I corpi di trombe che entrano nella composizione della macchina, non potendo aver luogo senz'essere incassati in buoni tavoloni, a primo sguardo giudicherassi della disposizione che loro conviene, considerando la Tavola 4, il cui profilo è rappresentato dalla figura 3, Tavola 3.

A questi tavoloni sono attaccati due ritti sostenenti un asse di ferro C D, figure 2 e 3, Tavole 3 e 4, relativo a quattro pezzi; il principale O V H I, figura 1, che io chiamo bilico, è infilato ad angolo retto coll'asse D acciò non possa muoversi che con esso; questo bilico è composto di una squadra di ferro I K G H, le cui braccia G H, K I sono chiamate uncino, e di un'asta V O avente alla sua estremità un peso O di 9 in 10 libbre.

Il secondo pezzo è una staffa Q R S T, figure 2 e 3, infilata dall'asse in modo da poter agire liberamente all'intorno, essendo l'asse rotondato nel luogo degli anelli Q, T.

Il terzo e quarto pezzo sono due verghe di ferro E A ed F f, infilate a squadra collo stesso asse, acciò non possano muoversi se non con esso; sono esse paralelle agli uncini del bilico e disposte nello stesso senso, per conseguenza formerebbero un angolo retto, se fossero riunite in uno stesso piano verticale.

La staffa è attraversata da due cavicchie L, M, la seconda delle quali infila le braccia YZ di una forca di ferro componente con la sua coda di ferro Z un pezzo che chiamasi *puntone* il quale agisce liberamente intorno alla propria cavicchia; l'estremità *tu* di questo puntone, fig. 1 e 2,

fatta a becco d'oca dirige la chiave fl del robinetto mediante una cavicchia h, e acciò questa chiave non fatichi è sostenuta da una barra $m n$ su cui striscia senza poter sfuggire essendo trattenuta da una sotto fascia O.

1164. Per comprendere l'azione del regolatore, si osserverà che l'asse X, fig. 2 e 3, attraversante le aste degli stantuffi è comune a due girelle A e B, che spingono alternativamente innanzi a sè una delle verghe a loro opposta; che questa verga fa muovere l'asse C D, e perciò il bilico H I V O, ma non la staffa che rimane immobile sino all'istante in cui l'azione del peso O le fa mutar situazione.

Supponendo che la staffa sia disposta come indica uno de' suoi fianchi Q R, figura 1, e che l'orifizio d'impulso sia aperto, acciò l'acqua possa cacciare innanzi il grosso stantuffo, la rotella A spingendo la verga E A farà salire il peso O da sinistra a destra, e quando sarà giunto al punto E, il peso avendo passato la verticale e trovandosi abbandonato a sè stesso, cadrà istantaneamente, allora l'uncino G H incontrando per via la cavicchia I costringerà la staffa a passare dalla destra Q R alla sinistra qr, e farà camminare il puntone Z N P in dietro, il quale forzerà la chiave del robinetto a passare da fl in xr; quindi un momento dopo che l'asse x sarà giunto al limite sinistro, lo sfuggire del peso chiuderà l'orifizio d'impulso ed aprirà quello di fuga.

La verga F f, Tav. 3 e 4, figure 1 e 2, che avrà fatto lo stesso moto del bilico, poichè è paralella all'uncino G H (1163), essendo venuta a raggiugnere la rotella B, sarà spinta innanzi nel modo che lo è stato la precedente, perocchè l'orifizio di fuga essendo aperto il picciolo stantuffo sarà cacciato indietro, ed il peso O rialzato per passare da destra a sinistra; e quando troverassi un poco al di là della verticale, l'uncino I K che sarà disceso per riprendere la sua primiera situazione incontrando la cavicchia L farà camminare la staffa da qr in Q R, la quale cacciando innanzi il puntone, la chiave xr del robinetto ripasserà in fl chiuderà l'orifizio di fuga ed aprirà quello d'impulso che darà luogo all'acqua di cacciare di nuovo il grosso stantuffo che farà fare al regolatore la sua prima manovra.

1165. L'asse C D dev'essere situato in guisa che i tre punti a, D, A, figura 1, formino in uno stesso piano un triangolo equilatero, la cui base A a sia eguale al cammino delle rotelle fra i punti in cui toccano le verghe E A, fF, quando sono giunte ai termini che marcano l'azione dello stantuffo, acciò la distanza dal centro dell'asse D al centro della cavicchia M sia eguale al cammino M m od hi, fig. 2, delle cavicchie M, h.

Giova osservare che l'arco cui descriverà la cavicchia M, col suo moto da M in F e da F in m, sarà di 20 gradi, e che quando l'asta V O del bilico si troverà confusa con la verticale E F, l'angolo retto formato dagli uncini sarà diviso in due parti eguali, d'onde segue che l'angolo F D H, trovandosi allora di 45 gradi, il peso avendo passata la verticale descriverà un arco di 15.° nel cadere, prima che l'uncino G, incontri la cavicchia L, ed acquisterà con la sua caduta più forza che non occorre per cacciare la staffa, tanto più che l'impressione di cui sarà capace quest'uncino è almeno tripla di quella che farebbe il peso se incontrasse immediatamente un corpo dopo aver descritto un arco di 15 gradi, essendo il braccio di leva D O maggiore del triplo del braccio di

eva DH col quale agisce l'uncino; sarà lo stesso quando il peso venendo a cadere su la sinistra della verticale, l'uncino Ki caccierà innanzi la staffa *l*. Aggiugnerò che per limitare il cammino del peso indipendentemente dalle rotelle, si potrà, se fa d'uopo, sostenerlo con una correggia le cui estremità corrispondendo a due rotelle *b*, si abbia la facilità di dare a questa correggia l'estensione più conveniente e che si è praticato un canale *d*, figura *i*, sotto ciascuna rotella nei tavoloni che sostengono i corpi di tromba affinchè le verghe sostenenti le rotelle possano agire liberamente.

1166. Per dimostrare che l'azione del regolatore farà eseguire esattamento innanzi e indietro un quarto di rivoluzione al robinetto, bisogna sapere che il mezzo *e* del suo asse ha dal centro della cavicchia *h* una distanza eguale al lato del quadrato il cui intervallo MD, fig. 1 e 2 Tav. 3, od M*m* = *ih* sarebbe la diagonale; che per conseguenza il triangolo *ieh*, fig. 5, formato dalle due posizioni estreme della chiave è rettangolo, quindi ho dato 10 pollici di distanza dal centro dell'asse D a quello della cavicchia M, e 7 soltanto all'intervallo *ch*, figura 2, affinchè il rapporto di questi due numeri si trovasse presso a poco lo stesso di quello del lato di un quadrato alla sua diagonale.

Siccome la cavicchia *h*, figure 2 e 5, non può giugnere da *h* in *j*, senza che l'intervallo *eh* si riduca alla perpendicolare *es*, che si trova presso a poco 2 pollici minore di *eh*, acciò la cavicchia *h* non si trovi impacciata fa duopo che agisca in un elissi *g*, figura 4, coll'asse maggiore di 2 pollici.

1167. Finora non abbiamo detto nulla delle dimensioni che potrebbero convenire al corpo di tromba, agli stantuffi ed ai robinetti di questa macchina, perocchè non possono essere determinati che relativamente a cinque cose principali che sono 1.° l'altezza della caduta; 2.° la dispensa dell'acqua di cui si può disporre; 3.° l'altezza a cui si vuol innalzare; 4.° la velocità che convien dare agli stantuffi, acciò il moto non sia nè troppo lento nè troppo precipitato; e 5.° agli ostacoli che s'incontrano nell'azione della macchina indipendentemente dalla resistenza della colonna d'acqua che deve sormontare; trattasi adunque di operare in relazione a questi principj.

1168. Per rendere interessante il calcolo di questa macchina, lo faremo relativamente all'esempio riferito nell'articolo 1153; supponendo 1.° che la caduta CD sia di 10 piedi, 2.° che il tubo AB scarichi 30 pollici d'acqua nella vaschetta *c*, che è la dispensa che si farà al piede della caduta; 3.° che l'altezza FL del tubo che innalzerà l'acqua nella vaschetta M debba essere di 50 piedi. 4.° Che l'azione degli stantuffi sarà di 30 pollici e che faranno un piede di cammino ogni secondo, velocità che loro conviene acciò il moto della macchina sia ben regolato. 5.° Che si è valutata la resistenza cagionata dall'innalzamento del peso del regolatore e l'attrito degli stantuffi, equivalente ad una colonna d'acqua di 10 piedi d'altezza, avente per base il cerchio dello stantuffo picciolo; quindi nel calcolo di questa macchina, bisognerà agire come se il tubo ascendente FL avesse 60 piedi invece di 50.

1169. Essendo la caduta di 10 piedi, si troverà che la velocità totale dell'acqua al suo ingresso nel grosso corpo di tromba, Tavola 1; figura 3,

sarebbe un poco più di 24 piedi ogni secondo, se non incontrasse opposizione; ma siccome deve agire sopra uno stantuffo, la cui velocità uniforme non è che un piede ogni secondo, la velocità relativa dell' acqua sarà dunque di 23 piedi (899) quindi il rapporto della velocità *rispettiva alla velocità totale* sarà espresso da $\frac{23}{24}$, il cui quadrato dà $\frac{529}{576}$ o presso a poco $\frac{11}{12}$ pel rapporto della forza relativa alla forza assoluta, cioè che il grosso stantuffo non sarà spinto se non con *undici dodicesimi della forza totale dell'acqua*; quindi nei calcoli seguenti *bisognerà ridurre l' altezza della caduta moltiplicandola per $\frac{11}{12}$, per non aver riguardo che alla spinta effettiva dell'acqua, senza curare la sua velocità.*

1170. Siccome nello stato d'equilibrio le superficie dei cerchi del picciolo e del grosso stantuffo, *devono essere nella ragione reciproca delle altezze delle colonne d'acque a cui servono di base*, si avrà il rapporto di questi cerchi moltiplicando il primo per l'altezza della caduta ragguagliata e dividendo il prodotto per l'altezza cui si vuole innalzar l'acqua; per conseguenza, se si prende l' unità per la superficie del cerchio dello stantuffo grosso, si troverà questo rapporto, *dividendo la caduta media per l'altezza cui si vuole innalzar l'acqua; allora quest' altezza esprimerà la superficie del grosso stantuffo e la caduta media quella del picciolo.*

1171. I due stantuffi avendo la stessa velocità, segue dall' articolo precedente, *che la quantità d'acqua che uscirà dall'orifizio di fuga starà a quella che salirà nella ragione reciproca dell' altezza cui si vuole innalzar l'acqua all'altezza della caduta media.*

1172. Siccome la quantità d'acqua che uscirà dall'orifizio di fuga, unita a quella che salirà, sarà eguale alla dispensa totale, *ne segue anche che questa dispensa starà alla quantità d' acqua che salirà come l' altezza cui sarà innalzata più quella della caduta ragguagliata, sta all' altezza della stessa caduta media.*

1173. Dopo avere stabilite le regole precedenti ho pensato seriamente alla misura che conveniva dare al diametro del grosso stantuffo relativamente alla sua azione ed alla dispensa della sorgente, ed ho trovato che facendolo di 10 pollici produrrebbe un buon effetto; quindi moltiplicando il suo quadrato per l' altezza media della caduta (1169), cioè per $10 \times \frac{11}{12}$ o per $\frac{110}{12}$, e dividendo il prodotto per 60 piedi, *altezza cui si suppone dover innalzar l' acqua* (1168) si avranno pollici $15 \frac{5}{18}$ per la superficie del quadrato del diametro dello stantuffo picciolo, la cui radice è 3 pollici ed 11 linee pel valore di questo diametro.

Acciò l'acqua cui tale stantuffo deve premere non sia forzata nel salire bisognerà dare almeno 4 pollici e 6 linee ai diametri dei tubi ascendenti delle valvole ed a quello del tubo di comunicazione.

1174. Si conoscerà il prodotto di questa macchina, dicendo secondo l'art. 1172, come l'altezza a cui si vuole innalzar l' acqua più la caduta media, cioè come $\frac{830}{12}$ sta alla caduta media, che è $\frac{1100}{12}$, ovvero come 83 sta

ad 11; così la dispensa totale che è di 30 pollici d'acqua, sta alla dispensa che si cerca; e si troveranno circa 4 pollici per prodotto della macchina, che per conseguenza fornirà 12 moggia d'acqua ogni ora. Si osserverà di sfuggita che ne salirà tanto più quanto sarà elevata ad un'altezza minore ed al contrario.

1175. Avendo detto che l'azione degli stantuffi era di 30 pollici e la velocità di essi un piede ogni secondo (1168) essi impiegheranno due secondi e mezzo ad andare, e supponendo che ritornino con la stessa velocità, occorreranno cinque secondi per ciascun impulso, così ne daranno 12 ogni minuto; ma è essenziale osservare che per ottenere questo effetto bisogna che il grosso corpo di tromba possa vuotarsi in due secondi e mezzo, altrimenti se occorresse un tempo maggiore di quello supposto pel ritorno degli stantuffi, succederebbe indubitatamente che l'acqua della sorgente, essendo più abbondante che non occorre per l'azione della macchina, relativamente alla grossezza dei corpi di tromba; se ne spanderebbe una parte al di sopra dei margini della vaschetta che la riceve; allora non ne salirebbe la quantità che abbiamo trovato; perocchè, siccome ho detto tante volte, *fa duopo che i tubi o pertugi pei quali deve passar l'acqua, non ritardino mai la velocità che deve convenirle.*

1176. Lo stantuffo grosso avendo 10 pollici di diametro § 1173, la sua superficie sarà di pollici quadrati 78 4/7 ovvero $\frac{13}{24}$ di un piede quadrato; che se si moltiplica questa frazione per piedi 2 1/2 o per 5/2 piedi, corsa dello stantuffo, si avranno $\frac{65}{48}$ o presso a poco 1/2 piedi cubici d'acqua, per la quantità che entrerà nel grosso corpo di tromba ad ogni impulso.

Per conoscere il tempo che quest'acqua impiegherà ad uscire, spinta dalla sola azione della propria gravità, bisogna sapere che il pertugio praticato nel robinetto ha dieci pollici di altezza per 3 pollici di larghezza, quindi il profilo di questo pertugio si trova avere 30 pollici quadrati di superficie, che divisi per 144, dà $\frac{5}{24}$ di piede quadrato per la superficie.

Volendo conoscere la quantità d'acqua che ne uscirà ogni secondo, fa duopo, per l'art. 524, cercare la velocità corrispondente a 10 pollici di caduta, altezza del pertugio supposto rettangolare, si troveranno 7 piedi, prederne 2/3 che dà 4 piedi ed 8 pollici ovvero $\frac{14}{3}$ di piede, cui bisogna moltiplicare per $\frac{5}{24}$, e si avranno $\frac{70}{72}$ ovvero $\frac{35}{36}$ di piedi cubico per la quantità d'acqua che uscirà dal pertugio ogni secondo; e siccome abbiamo veduto che il corpo di tromba conteneva $\frac{65}{48}$ di piede cubico, giudicherassi del tempo che gli occorrerà per vuotarsi dicendo: se, $\frac{35}{36}$ di piede cubico d'acqua sgorgano in un secondo, in quanto tempo ne sgorgheranno $\frac{65}{48}$; si avrà pel quarto termine $\frac{234}{168}$ ovvero $1 \frac{22}{56}$ ovvero 1 3/7 di secondo, donde

si desume che il corpo di tromba impiegherà tutt'al più un secondo e mezzo di tempo a vuotarsi; nondimeno siccome abbiamo supposto nell' art. 1175, che il corpo di tromba impiegherebbe secondi 2 1/2 a vuotarsi, vedesi che rimane un secondo per supplire al ritardo che la velócità dell' acqua può ricevere per parte degli attriti, e che lo stantuffo farà almeno dodici cacciate ogni minuto.

1177. D' altronde, siccome gli stantuffi saranno spinti all' indietro dal peso di una colonna d' acqua che avrà per base il cerchio del picciolo stantuffo, e per altezza la caduta (1162), cioè da una forza di circa 60 libbre, che è più che sufficiente per rilevare il peso del bilico e vincere l'attrito degli stantuffi, il rimanente di questa forza sarà impiegato a precipitare l'evacuazione del corpo di tromba, il che succederà più prontamente che non stimiamo.

1178. Avendo supposto che l'altezza a cui si vuole innalzar l' acqua avesse 10 piedi più che non doveva avere effettivamente (1168), vedesi pure che lo stantuffo grosso sarà spinto con 66 libbre di forza più che non occorre per premere l'acqua a 50 piedi d'altezza; ed avendo detto che questo aumento di forza sorpassava di molto quella che occorreva per rilevare il peso del bilico, e sormontare la resistenza dell' attrito degli stantuffi, succederà che questi stantuffi potrebbero avere un poco più di un piede di velocità ogni secondo, se la sorgente fosse abbastanza abbondante per somministare più di 120 cacciate ogni minuto: quindi non bisogna idearsi che il moto della macchina sia arrestato da verun ostacolo, perchè giova osservare che, siccome le rotelle che fanno muovere il regolatore agiscono sopra un braccio di leva che è primieramente così lungo come quello del peso, una forza di 10 libbre basterà per rialzarlo nel caso della sua maggior resistenza, che andrà sempre diminuendo perchè il suo braccio di leva si accorcia molto più in proporzione di quello della potenza, a misura che l' asta si avvicina alla verticale.

1179. Se abbiamo dato 30 pollici di cacciata agli stantuffi per un piede di velocità ogni secondo, è perchè il regolatore non facendo che 24 vibrazioni ogni minuto, il suo moto non fosse troppo precipitato, poichè se potrebbe far 30 nello stesso tempo, come dimostreremo descrivendo la macchina di Fresne presso Condè, ov' è un regolatore simile a questo.

1180. Si osserverà che misuro la caduta dal fondo della vasca che riceve l' acqua fino al centro del grosso stantuffo affinchè vi siano sempre sette od otto pollici d' acqua in questa vasca per rendere la caduta capace di una forza alquanto maggiore di quella su cui si è conteggiato, e supplire all' alterazione che può ricevere la velocità dell' acqua per parte degli attriti, introducendosi nel grosso corpo di tromba, ed altri ostacoli impreveduti.

1181. Siccome è indifferente che l' acqua spinta da uno stantuffo salga in un tubo verticale o lungo un piano inclinato, od anche da un sifone di più braccia, poichè occorrerà sempre la stessa forza per vincere il peso della colonna che si vuol innalzare (559, 360), si può far a meno della vasca M del tubo ascendente FL, e per conseguenza del tubo discendente MN, fig. 2, 3, Tav. 1, facendo premere l'acqua tutta di seguito nel punto in cui si deve ridurre, come rappresenta la figura 2, per questo mezzo si sarà dispensato dal fare un edificio tanto elevato quanto occorrerebbe per collocare

la doccia M; ma ho creduto dover primieramente esporre le cose sotto l'idea che ne ho dato nell' art. 1154, onde meglio far conoscere il mio pensiero.

1182. Per fermare la macchina quando si vuole, deve esservi al fondo della doccia corrispondente alla sommità della caduta una valvola o zaffo che serva ad interrompere la discesa dell' acqua, un tubo di scarico $p\,b\,c$, per condurre le acque della sorgente nella vasca $r\,c$; occorre anche un altro tubo $k\,r$, per condurre nella stessa vasca l' acqua che potrà filtrare dai corpi di tromba nel trogolo sottoposto, Tavola 4.

1183. Non dico nulla delle dimensioni di tutte le parti di questa macchina, per non entrare in un dettaglio nojoso, perchè si troveranno col soccorso delle scale che accompagnano le tre prime tavole, ciascun pezzo essendo stato disegnato nella giusta grandezza che gli conveniva; tralascio pure un numero d'osservazioni su la unione e disposizione degli stessi pezzi, potendone giudicare dal modo onde sono rappresentati.

1184. Quando si avrà una sorgente più abbondante che non occorre per sovvenire all' azione ed al consumo di una macchina sola si potrà farne due, l'una a lato dell' altra, che faranno salir l' acqua incessantemente per mezzo di una forchetta che andrà a terminare al tubo di condotta, che riceverà l' acqua in due macchine che si potrebbero disporre in modo che non avessero se non un regolatore comune, il quale ad un tempo aprisse l' orifizio di spinta dell' una e di fuga dell' altra.

1185. Sono certo che questa macchina sarà censurata, ma ognuno converrà forse essere la stessa immaginata felicemente; obbietteranno però che tutto ciò che su la carta porta un carattere d' evidenza non riesce sempre nell' esecuzione. È vero che ciò non è che troppo comune; tuttavia li prego considerare che se la maggior parte dei progetti sono smentiti dal fatto, malgrado le buone ragioni da cui erano appoggiati, non bisogna credere però che una cieca fatalità vi prenda parte, ma proviene da ciò che i loro autori non hanno ragionato bastantemente su ciascuna parte onde prevedere ciò che succederebbe in pratica in conseguenza di cognizioni acquisite nella pratica stessa e di un'esatta teoria; essi indicano confusamente agli operai ciò che debbono fare senza dar loro nè disegni nè progetti; questi ultimi non potendo adempiere quello che loro si comanda, non sono responsabili della poca intelligenza di chi li dirige e sarebbe ingiusto prenderla con loro se la macchina non adempie lo scopo, il che non succede quando si segue un metodo come quello che mi ha guidato, e che io cito meno per vanità che per servire di esempio a coloro che vorranno lavorare in modo analogo, affinchè apprendano con qual precisione bisogna operare per assicurarsi del buon successo.

1186. Avendo promesso nell' art. 960 di partecipare al pubblico la macchina inventata da Denisard e Dueille, eccone la descrizione quale me l' hanno comunicata e come la fecero inserire nella *Raccolta delle macchine approvate dall' Accademia Reale delle scienze*, Tom. V, pag. 159, non avendo voluto cangiar nulla al discorso nè ai disegni dati da essi per timore di allontanarmi dal loro pensiero.

Vedrassi che facendo uso di una caduta d' acqua naturale od artificiale avemmo presso a poco le stesse vedute, ma che differiamo totalmente nel modo di adempiere al nostro oggetto comune.

Credo dover aggiugnere in lode di questi signori che la loro macchina è stata eseguita a Seve su la strada da Parigi a Versailles, che ha agito con successo maraviglioso alla presenza dei commissarj nominati dalla Reale Accademia delle Scienze, che nel loro rapporto hanno dichiarato *aver veduto agire la macchina ed elevarsi l'acqua da sè stessa a 32 piedi per mezzo di una caduta di 9 piedi, che di 128 moggia che la sorgente somministrava ogni giorno per conservare il moto della macchina, ne solleva 6 e ne discendevano 114; in conseguenza i signori Accademici hanno approvato la macchina dicendola molto ingegnosamente inventata; che poteva essere utilmente stabilita ne' luoghi ove già esiste una caduta d'acqua, e che in circostanze diverse da quelle dell'esperienza di Seve si farà salire una quantità d'acqua maggiore o minore ogni giorno secondo che ne produrrà la sorgente, e che, si potrà avere più di un ventesimo di profitto sulla dispensa totale della sorgente; e che gl'inventori sembravano molto capaci di dare a questa macchina tutta la perfezione ch'essa può ricevere.* Questi sono i termini precisi del certificato datato il 28 luglio 1731; Sua Maestà accordò agl'inventori un privilegio esclusivo per venti anni per tutta l'estensione del regno, datato gli 11 dicembre 1731.

Descrizione della macchina inventata da Denisard e Dueille.

1187. » A B C D, Tavola 5, figure 3 e 4, è un sistema di legno in cui » vi è un bacino composto di due tavolati di legno M N posati uno sopra » l'altro e incavati circolarmente per formare il bacino che è rivestito di » cuojo sopra e sotto. In questo bacino vi è uno stantuffo (960) che ha presso » a poco lo stesso diametro dell'interno del bacino in cui è collocato; » esso vi è applicato con un cuojo stretto nelle commessure dei pezzi » M N, di modo che non può salire e discendere nel bacino se non per » tre o quattro pollici; quattro tubi sono adattati a questo bacino, due » di sotto e due di sopra. Il primo tubo Q è quello della sorgente, il » secondo tubo S è il tubo ascendente; il terzo R è il tubo d'uscita e » il quarto T è il tubo discendente; le traverse O P al pari delle altre » H G servono per fermare i pezzi M N. Le due leve E F, che hanno il loro » centro di moto nel punto E poggiano sopra una traversa G fissata al- » l'asse dello stantuffo; queste leve sono caricate di un peso equivalente » a quello della colonna d'acqua della sorgente. La parte G su cui sono » le leve porta ancora una lunga vite V munita di due galetti che fanno » alzare ed abbassare alternativamente il bilico I L H, composto di » due coppe che hanno comunicazione fra loro per due tubi onde sono » connessi, in guisa che l'acqua contenuta in uno dei bacini può pas- » sare nell'altro secondo le determinazioni che i dadi loro danno; un terzo » tubo Z serve pel passaggio dell'aria da uno all'altro bacino. Alle estre- » mità di questo bilico sono impegnate delle aste che aprono e chiu- » dono le valvole adattate ai tubi d'uscita e discendenti; queste valvole » sono costrutte nel modo seguente.

1188. » La valvola è rinchiusa in un piccolo cofano *ab*, fig. 1 e 2; in esso » è un cono tronco coperto *i*, cui è adattato il tubo. Il coperchio di que- » sto cono è aderente all'asse *c* con una branca di granchio; a questo » stesso asse *c* aderisce l'asta *e* che s'impegna nel bilico. La parte *i* della

» valvola essendo turata dal cono pieno che aderisce alla branca di granchio; essendo tutta la valvola immersa; la colonna d' acqua non costerà ad innalzarsi che in ragione dei diametri delle basi. Che se si vuol far discendere l' asta *e*, succederà che il cono pieno avente un moto contrario sturerà il cono vuoto *i*, e l' acqua non avrà nessuna difficoltà a passare nei tubi *d r*; all'incontro se l' acqua innalza la stessa asta *e*, la valvola si chiuderà di nuovo, e il tubo sarà turato.

1189. » La sorgente L, essendo supposta di 10 piedi, l' acqua s'introduce pel tubo I T V sotto il grande stantuffo A, fig. 3 e 4, che essendo spinto da quest'acqua s'innalza naturalmente e porta il peso delle leve proporzionato alla propria forza; questo stantuffo elevandosi fa uscire l'acqua BB di cui è aggravato pel tubo F di uscita; con questa elevazione il dado N porta il bilico e l' innalza; d' onde succede che il bilico avendo passato l' orizzontale, l' acqua contenuta nel bacino O passa nel bacino Q; allora l' estremità O innalza l' asta R che chiude le valvola H del tubo F; quindi il bacino Q, appoggiandosi all'asta S, apre la valvola X dal tubo di discesa G; l'acqua della sorgente presa sotto il grande stantuffo sale pel tubo ascendente Z Z. Il tubo V essendo turato, allora lo stantuffo è caricato del peso dell' acqua del tubo di discesa supposto a 30 piedi G dal carico della leva. Per la discesa dello stantuffo il bilico è ricondotto dal dado superiore Y e l'acqua ripassando dal bacino Q nel bacino O chiude la valvola X del tubo Z ed apre la valvola H, e così successivamente l' acqua è innalzata.

1190. » Bisogna osservare che all' asta del grande stantuffo ve ne sia attaccato un secondo B W, proporzionato alla caduta della sorgente ed all'altezza a cui si vuol far discendere di nuovo la porzione d' acqua necessaria per far muovere la macchina, il quale stantuffo fa le veci di tramezza al bacino superiore perchè non possa discendere tant' acqua quanta ne ascende. Esempio: sia la sorgente di 10 piedi di caduta, e suppongasi che si voglia innalzar l' acqua a 20 piedi, e che si voglia conservar la metà di tale quantità; farà duopo che rigorosamente il picciolo stantuffo sia del valore del semicerchio del bacino superiore: in questo caso i 20 piedi di discesa valeranno 10 piedi del diametro del bacino inferiore, il quale essendo unito al peso che la sorgente deve innalzare, che è di 10 piedi, darà la forza sufficiente per far equilibrio all' altezza di 20 piedi; per conseguenza bisognerà fare la tramezza un po' men grande per far discendere un poco più d'acqua, onde avere la richiesta determinazione.

» Se si vuol fare un nappo o getto d' acqua alto cinque piedi, bisognerà far discendere di nuovo presso a poco i tre quarti dell' acqua.

Gli autori danno poscia un profilo della stessa macchina raddoppiata per far salire l' acqua di continuo; ma siccome l' hanno trovata troppo complicata, si sono attenuti alla disposizione delle figure 5 e 6 in cui abbiamo soppresso i bacini superiori che debbono corrispondere ai tubi discendenti Y Y, E F, non avendo posto per comprenderli nella tavola.

1191. » La sorgente A fig. 5 e 6, somministra dell'acqua pel tubo A B C, sotto lo stantuffo inferiore D; questa sorgente supposta a 10 piedi innalza lo stantuffo di questa quantità. Il tubo di discesa E F G innalzato a 30 piedi somministra dell' acqua sotto lo stantuffo superiore H e tende pure ad

» innalzarlo per 30 piedi di forza; allora l'acqua compressa al di sopra » dello stesso stantuffo H è costretta a salire pel tubo ascendente I L M; » durante questo tempo l' acqua contenuta sopra lo stantuffo inferiore D, » scorre pel tubo di uscita N, potendo la valvola O aprirsi mediante l'asta P » che ha rapporto al moto della staffa Q R, figura 5, che s' innalza e si » abbassa cogli stantuffi aderendo alla loro asta comune S; la seconda val- » vola T si apre e si chiude nello stesso modo della prima O. Questi » moti essendo trasportati dalla parte O P, la sorgente V supposta ancora » a 10 piedi, il tubo V X fornirà l'acqua sopra lo stantuffo superiore H, » l'acqua del tubo di discesa Y Y, il cui serbatojo è a 30 piedi, aggraverà » lo stantuffo inferiore D al di sopra e costringerà l' acqua a salire pel » tubo Z W all'altezza di 40 piedi; durante quest' operazione l' acqua con- » tenuta sotto lo stantuffo superiore H, è libera di scorrere pel tubo di » uscita K, essendo aperta la valvola T da questo moto alternativo; ve- » desi che la macchina fornirebbe l' acqua di continuo ora da una parte » ed ora dall'altra: in quanto ai congegni che servono ad aprire e chiu- » dere le valvole essi sono gli stessi di cui si è parlato nelle macchine » precedenti; non si fa che applicarli all' asta L della staffa Q R posta al » centro degli stantuffi e che aderisce, come si è già detto, all' asta co- » mune degli stessi stantuffi chiusi nei bacini 2 e 3; l' innalzameoto e » l' abbassamento della staffa è determinato dalla distanza che i bacini 2 » e 3 lasciano fra loro.

» Il cerchio di ferro 5 e 6 munito di dadi serve a ritenere i dischi » componenti ciascun bacino.

» È inutile dire che si debbono munire i tubi di varie animelle per » impedire che l' acqua ritorni al luogo da cui è partita ».

Il genio felice di Denisard e di Dueille per la meccanica, ha somministrato ad essi una quantità di viste nuove sui diversi usi che si può fare della loro macchina, e che non possono essere ben espresse che da loro; perocchè meritano questa giustizia che pochi macchinisti furono più fecondi e più esatti nei loro ragionamenti. Il pubblico deve loro giusto encomio di aver lavorato con molta fatica per una lunga serie d'anni a suo vantaggio; ed io in particolare dovrei rimproverarmi ove dissimulassi la riconoscenza che loro debbo per la confidenza che ebbero in me.

Descrizione della Noria inventata da Francini.

1192. Ecco l' ingegnosa macchina eseguita da Francini nel 1668 per ordine di Colbert nel giardino dell' antica Biblioteca del re. Per giudicarne bene si sappia che nelle vicinanze del fabbricato vi è una fontana naturale che altra volta si scaricava in un bacino situato nel mezzo del giardino, e che il superfluo dell' acqua che poteva contenere era condotto per un canale in un pozzo ove si perdeva. Francini, approfittando dell' acqua sovrabbondante e della profondità del pozzo, ha fatto nascere nel giardino un getto d' acqua artificiale che produce un bellissimo effetto.

Le figure 1 e 2, Tavola 6, rappresentano il profilo e l' alzatò della macchina di cui si tratta, composta di due doppie catene perpetue, fatte di picciole barre di ferro collegate insieme da cerniere; a queste catene sono attaccate delle tazze formanti due cappelletti d' ineguale altezza che

girano sovra un tamburo F E D G, avente delle canalature nei luoghi ove sono le catene, acciò i cappelletti sieno mantenuti sempre nella stessa direzione; e l' intervallo dei fusi di ferro di cui è composto questo tamburo è eguale alla lunghezza dei pezzi formanti le catene, acciò il cappelletto grande girando col tamburo, l' altro sia pur costretto a girare.

L' asse del tamburo è sostenuto da due ritti P fermati da legami commessi da piatteforme che sono sul margine del pozzo, e fortificati da due traverse R di cui l' inferiore serve a sostenere la vasca A; nella quale si getta l' acqua superflua del bacino.

1193. Le tazze B del cappelletto grande sono di lamine di rame formanti un vaso più largo all' imboccatura che al fondo, per meglio ricevere l' acqua della vasca A che sgorga incessantemente dalla spina X; questa forma conviene tanto più a queste tazze che quando ve n'ha una piena, il di più dell' acqua scorrente lungo la superficie va a scaricarsi naturalmente nella tazza che è al di sotto, da questa seconda nella terza, e così di seguito da una in altra, senza che l' acqua possa perdersi zampillando di fianco.

Le tazze *c* del cappelletto picciolo hanno la stessa figura dei precedenti con questa differenza che sono chiuse da tutte le parti, eccetto in S, ove hanno una piccola spina verso il fondo più stretto il quale si trova in alto, allorchè le tazze essendo piene d' acqua, salgono per scaricarla nella doccia superiore M I. Per maggiore intelligenza si è disegnata particolarmente una tazza del grande e del picciolo cappelletto che mostrano la situazione in cui si trovano quando essendo riempiti d' acqua, quelli del grande discendono nel pozzo e quelli del picciolo salgono per scaricarsi nella doccia superiore.

Benchè la figura 1, non rappresenti che il cappelletto veduto di fianco, essa può servire a spiegare il meccanismo di ciascuno in particolare: per esempio, si possono prendere le tazze B per quelle del cappelletto grande quando discendono nel pozzo e le altre H dello stesso quando salgono vuote. Che se al contrario trattasi del picciolo cappelletto giudicherassi dalla situazione delle sue tazze H quando salgono piene d'acqua, e dal senso in cui si trovano in B, quando discendono vuote.

All' asse del tamburo si è adattata una ruota dentata O che s' ingrana con un rocchetto o lanterna N corrispondente ad un volante per mantenere l' uniformità del moto della macchina, affinchè non cammini per scossa, e non senta le picciole alterazioni che potrebbero cagionare gli ostacoli che s' incontrassero per via.

1194. Siccome il cappelletto grande si suppone discendere nel pozzo ad una profondità un po' più grande dell' altezza a cui si vuole innalzar l' acqua al di sopra del pianterreno, vi sarà sempre un maggior numero delle sue tazze che discenderanno piene d' acqua, che non ve ne saranno del picciolo che la porteranno alla sommità del tamburo; per conseguenza il peso dell' acqua che discende trovandosi superiore a quello dell'acqua che sale, il grande cappelletto farà necessariamente girare il picciolo, le cui tazze si riempiranno passando nella vasca A che deve avere perciò una certa profondità, affinchè l' acqua abbia tempo d' introdurvisi.

Riguardo alla velocità che può convenire all' azione di questa macchina non si può determinare che coll' esperienza, aumentando o dimi-

nuendo il numero delle tazze del cappelletto grande per conoscere fino a qual punto la potenza debba essere superiore al peso, il che pure deve dipendere dalla portata della sorgente.

1195. Allorchè le tazze del cappelletto grande saranno della stessa capacità di quelle del picciolo, e che il primo sarà un poco più del doppio del secondo, innalzerà un po' meno di acqua nella vasca superiore, che non se ne perderà nel pozzo; cioè se ne innalzerà alquanto meno della metà del prodotto della sorgente. Che se si volesse che ne salisse di più della metà ma ad un' altezza minore della caduta, bisognerebbe allora fare la capacità delle tazze del picciolo maggiore di quella delle tazze dell' altro *in ragione reciproca della caduta dell' acqua all' altezza a cui sarà innalzata;* ed al contrario quando si vorrà far salire l'acqua ad un'altezza maggiore della caduta, far le tazze del picciolo cappelletto minori di quelle del grande, pure nella ragione reciproca della discesa e della salita dell' acqua; allora ne salirà meno che non se ne perderà nel pozzo nel rapporto reciproco degli stessi termini.

Vedesi che nel caso in cui Francini si è servito di questa macchina, l' acqua dopo essere stata innalzata nella vasca superiore N L, discendeva per un condotto ed andava a zampillare nel bacino del giardino da cui si restituiva nella vaschetta A e si riuniva quella della sorgente per far agire di nuovo il grande ed il picciolo cappelletto; in guisa che per mezzo di questa circolazione una sorgente di mediocre portata faceva salire incessantemente una gran quantità d'acqua di cui si sarebbe potuto prendere una parte per quell' uso che si voleva.

La difficoltà principale che s' incontra nell' esecuzione di questa macchina, è di poter fare un pozzo più profondo della caduta praticato in un terreno in cui l'acqua possa perdersi, a meno che al fondo del pozzo non si abbia la facilità di formare un acquidotto per condurla in un luogo più basso.

Altro modo d' innalzar parte dell' acqua di una sorgente quando si ha una caduta.

1196. Molti ad imitazione di Francini hanno cercato il mezzo d' innalzare l' acqua di una sorgente quando si può disporre di una caduta; eccone uno semplicissimo per mezzo di due secchj soltanto, che è lo stesso di quello onde si serve Bucket, ma da lui molto perfezionato come in seguito faremo vedere.

Per intender bene il maneggio di questi due secchj sappiasi che il primo A, Tavola 6, figura 3, deve essere maggiore dell' altro B, perchè essendo entrambi pieni d' acqua, il primo nel discendere faccia salire il secondo; ed al contrario quando questi due secchj sono vuoti fa d'uopo che il più picciolo B pesi più del primo A per costringer questo a salire; il che si potrà fare caricando il più picciolo B di un peso che gli dia questo vantaggio: per esempio suppongo che il secchio picciolo pesi 6 libbre più del grande, ma che in compenso quando saranno pieni entrambi, quest' ultimo contenga 6 pinte d' acqua più del primo, equivalenti ad un peso di 12 libbre; allora il secchio grande pesando 6 libbre più del primo trascinerà quest' ultimo che innalzerà il grande alla sua volta per l' azione

delle 6 libbre che peserà di più quando saranno tutti e due vuoti. Aggiugnerò che il secchio B deve essere circondato a metà della sua altezza da un anello o cerchio di ferro P, di un diametro maggiore di quello del secchio per tener luogo di manico indipendentemente da quello che ha di comune coi secchj ordinarj, e che l' altro A deve avere un cerchio simile Q attaccato verso il fondo.

Seguendo quest' idea si suppone che siasi condotta l'acqua di una sorgente in una vasca o serbatojo E, e che scoli incessantemente per la spina F corrispondente ad una caduta C D; che i due secchj di cui abbiamo parlato sieno attaccati ad una corda o catena che passa sopra una carrucola R, di modo che quando il picciolo secchio B si trova immerso nell' acqua della vasca l' altro A riceva quella che cade dalla spina F.

1197. Quando il secchio A sarà pieno, discenderà e farà salire l' altro B ad un' altezza eguale alla discesa del primo che sarà misurata dalla caduta; e quando il più picciolo B sarà pervenuto all' altezza della vasca ove deve scaricarsi, l' anello di cui è circondato, venendo ad incontrare l' uncino O, farà inclinare il secchio che si vuoterà nella vasca; e siccome in questo momento l' anello dell' altro secchio A deve incontrar pure al piede della caduta un uncino che lo inclinerà del pari, i due secchj si vuoteranno nello stesso tempo: poscia il più picciolo trovandosi più pesante del grande costringerà quest' ultimo a salire per ricominciare la stessa manovra.

Si suppone che l' asse della carrucola R sia accompagnato da una ruota dentata S, che s' ingrani con un rocchetto T corrispondente ad un volante che giri ora in un senso ora in un altro alternativamente, secondo che i secchj sono pieni o vuoti, per conservare l' uniformità del moto (1193).

1198. Siccome può succedere che la caduta C D si trovi minore dell' altezza cui si vuole innalzar l' acqua, si potranno allora sospendere i secchj K, L a due lanterne diverse M, N, i cui diametri sieno nella ragione reciproca della caduta e dell' altezza a cui vuolsi innalzar l' acqua, osservando che queste due lanterne debbano essere attaccate ad un asse comune per girare con esso.

Per esempio se la caduta fosse di 10 piedi e si volesse innalzar l' acqua a 30 bisognerebbe che il raggio della lanterna M corrispondente al picciolo secchio L fosse triplo del raggio della lanterna N che sostiene il secchio grande K; ma allora il peso dovendo essere nella ragione reciproca del loro braccio di leva, la capacità del secchio picciolo non sarà che il terzo di quella del grande, ed anche un po' minore acciò il grande possa prevalere.

Si converrà che questo modo di far salire l'acqua è molto ingegnoso e della massima semplicità; mi appago di darne soltanto l' idea perocchè se si trattasse di metterla in pratica bisognerebbe aggiugnervi molte cose che io taccio, e senza le quali dubito che questa macchina possa riuscire; perocchè fa duopo che i secchj salendo e discendendo seguano sempre la stessa direzione, e che quando sono giunti ai loro termini, si vuotino tutti e due nello stesso tempo.

In Francia molti hanno voluto attribuirsi il merito di tale invenzione; ma ho appreso da Cromwel Mortimer, segretario della Società Reale di

Londra, che *Gironimo Finugio* ne è il primo inventore, avendo dato alla luce questa macchina in Roma nel 1616; nondimeno, siccome non è stata eseguita che in Inghilterra in modo che non lascia nulla a desiderare, è certo che Bucket l'ha di molto perfezionata.

1199. I membri della Società reale di Londra, sapendo che doveva riportare nella mia Architettura Idraulica le più belle macchine state eseguite in Europa per innalzar l'acqua, m'inviarono quello che di più interessante si trovava in Inghilterra su tale proposito, e fra le altre quella di Bucket che vedesi rappresentata in prospettiva nella figura 5, come me la mandò Cromwel Mortimer, con la descrizione che segue, a cui ho cangiato poche cose, avendola tradotta fedelmente dall'originale inglese.

Descrizione della macchina rettificata in Inghilterra da Bucket.

1200. A, Tavola 6, figura 5, è una picciola sorgente che somministra ogni minuto 16 pinte d'acqua circa, misura di Parigi, condotta a 36 tese di distanza da un picciolo canale in un serbatojo B contenente circa 48 pinte; questo serbatojo è posto al vertice di una caduta alta 10 piedi. C è uno smaltitojo che riceve l'acqua superflua del serbatojo B che sgorga poscia pel canale D.

E rappresenta la pianta dell'edifizio in una scala di 8 piedi ogni pollice.

F G, veduta interna dell'edificio che comprende la macchina tracciata sopra una scala di 4 piedi ogni pollice.

H, I, K, sono tre palchi diversi convenienti alla disposizione della macchina.

L M N, armatura di legname su cui sono appoggiate le parti superiori della macchina, che si sono rese visibili, sopprimendo i pezzi di legname che le ascondevano.

O, asse lungo piedi 3 1/2, posato orizzontalmente e che gira sui proprj perni; quest'asse è comune a tre ruote.

La prima P ha 2 piedi di diametro e 5 pollici di spessore, su cui si è praticato un canale come nelle carrucole.

La seconda ruota Q ha sei piedi di diametro con rialzi alla sua circonferenza, formanti un canale di un pollice e mezzo di larghezza, andando a spira, il cui maggior passo è di 2 pollici.

La terza R ha 3 piedi e 10 pollici di diametro applicata sui raggi della precedente Q: la sua circonferenza è munita di rialzi come le altre e fatta pure a spirale, di modo che in una rivoluzione la distanza maggiore dal centro non è che 3/4 di pollice.

Su la ruota P è attaccata una catena piana e flessibilissima che dopo aver circondata la circonferenza si divide in due altre catene P, S, che si mantengono sempre nella stessa direzione verticale.

A queste catene è attaccata una verga di ferro che porta il secchio grande *d*, fatto di rame.

Su la ruota Q è pure attaccata una catena piana come la precedente: quando questa ruota ha fatto un giro da sinistra a destra, la circonferenza ha presa tanta lunghezza di catena quanta se incontra fra T e 2 T.

La parte inferiore di questa catena da 2 T fino a 3 T, è incrociata

da picciole barre, che entrano nelle cavità dei denti praticate nei rialzi della ruota Q; con questo mezzo s'impedisce che questa parte di catena tocchi quella che inviluppa la circonferenza, e si fa nascere l'equilibrio con la catena e la verga S S che corrisponde alla ruota P. pei compensi del braccio di leva che cagionano le spirali.

Su la ruota R è attaccata una corda la cui altra estremità avvinghia la circonferenza di una ruota V di due piedi di diametro.

L'asse della ruota V è comune ad un'altra ruota W di un piede di diametro, alla cui circonferenza è attaccata una corda che passa sopra una carrucola e di là va a corrispondere ad un peso che fa muovere in una cassa X attaccata alla estremità della leva Y X del quarto di ruota Y *a a*.

Y *a a* è un quarto di ruota mobile su l'asse Y; alla circonferenza del quale sono delle carrucole che girano fra lastre di ferro e servono a ricevere la corda che si sviluppa dal di sotto della ruota W.

Z è un peso di piombo attaccato stabilmente per equilibrare quello delle catene, e far loro conservare un perfetto equilibrio in ogni situazione.

Si è attaccata all'asse O una ruota di ferro per far agire un bilico *b*, col sussidio di molti ingranaggi per conservare l'uniformità nel moto della macchina.

All'estremità della catena T T vi è un secchio di rame C, contenente venti pinte circa, avente al fondo una valvola a scrocchetto situata alla sinistra con una spina di scarico posta verso la sommità a destra.

D'altronde sotto la verga S S è attaccato il secchio maggiore anch'esso di bronzo, contenente 60 pinte circa: nel fondo di questo secchio è pure una valvola che si apre per mezzo di uno scatto che viene ad incontrare un perno situato nel pozzo C.

I, I, sono barre di ferro quadrate che guidano i secchi montando e discendendo; questi secchi hanno delle orecchie munite di rotelle di bronzo che si applicano contro tre faccie di ciascuna barra.

1201. Quando il piccolo secchio discende, incontra uno scatto 4, 5, corrispondente ad una leva 6, 7, il cui centro di moto è all'estremità 6; allora questa leva abbassandosi agisce con l'altra estremità 7, e fa aprire una valvola praticata in B nel fondo del serbatojo che lascia all'acqua la libertà di scorrere in un tubo a due braccia, uno dei quali riempie il secchio *c* e l'altro il secchio *d*.

Quando il secchio picciolo ha ricevuto circa 18 pinte, l'acqua comincia ad uscire dalla spina che si è praticata verso la sommità di una delle sue faccie, ed è ricevuta nel bacino 4; di là scorre in un tubo che passando sotto il serbatojo B va a scaricarsi nel secchio *d* finchè sia bastantemente pieno per trascinar l'altro col proprio peso; ed appena il picciolo secchio cominci a salire, cessando d'appoggiare sul grilletto 4, 5, la valvola che è in B in fondo del serbatojo si chiude di nuovo, e l'acqua che può essere rimasta nel bacino L continuando a rendersi nel secchio *d*, contribuisce a precipitarne la discesa.

Siccome la ruota grande Q a cui corrisponde la catena del secchio piccolo ha 6 piedi di diametro, mentre quella del picciolo P che porta il secchio grande non è che due piedi, vedesi che sendo la caduta di 10, l'acqua è innalzata a 30.

Quando il secchio picciolo è giunto all'altezza del palco L innalza il truogolo *f*, poscia colpisce col suo grilletto un palo situato in *e*; allora la valvola di questo picciol secchio si apre, e l'acqua che contiene si scarica in una doccia situata all'altezza F, di là discenda pel tubo *gg*, per restituirsi nel luogo in cui se n'ha bisogno.

Nel momento in cui il secchio picciolo fa questa manovra succede che il fondo del maggior secchio, venendo ad incontrare un perno posto alla parte inferiore della caduta, la sua valvola si apre, e l'acqua che contiene si vuota nel pozzo C, d'onde si scarica pel canale D, dopo di che i due secchi trovandosi vuoti, il peso proprio del picciolo vince quello del grande; il primo discende; il secondo sale per empirsi di nuovo e ricominciare la stessa manovra.

Le circonferenze P e Q si sono fatte a spirale acciò il peso delle catene sia sempre in equilibrio, mentre l'una e l'altra si avvolgono e si svolgono alternativamente; ma ciò che contribuisce di più a mantenere quest'equilibrio, è particolarmente il quarto di ruota *aa*, unito all'effetto della leva X col suo peso Z che agisce in tutta la sua forza su la ruota Q, quando la leva s'incontra nella situazione orizzontale; il che succede quando la catena T è svolta; perocchè giova osservare che a misura che questa catena si avvolge, la leva YX si avvicina discendendo dalla situazione verticale; quindi il peso della catena T T diminuendo da una parte, l'azione del peso diminuisce dall'altra fino al momento in cui il peso Z cessa di agire su la ruota R; il che s'incontra quando il peso X è al di sotto della sua cassa ov'è trascinato dall'azione della sua gravità che diviene sempre più grande a misura che il piano su cui poggia è più inclinato; quindi con questo mezzo la corda a cui è attaccato il peso è sempre fasciata.

Quando il secchio picciolo comincia a discendere, il peso mobile X risale lungo il proprio piano, prima che nessun moto sia comunicato alla leva YX (che si suppone pendente), ma a misura che la catena T si svolge dalla ruota Q il suo peso aumentando mentre quello dell'altra catena S diminuisce avvolgendosi su la ruota P, succede che la leva YX appressandosi sempre più alla situazione orizzontale, il peso Z agisce di nuovo su la ruota R per ritardarne la velocità e conservare l'equilibrio necessario onde il picciolo secchio non discenda troppo precipitosamente.

Riguardo al bilico *b*; contribuisce molto a regolare il moto della macchina ed a mantenerlo uniforme; e siccome continua a girare dopo che i secchi sono giunti ai loro termini, tanto se salgono come se discendono, si trovano con ciò mantenuti fermi ed immobili mentre si vuotano e si riempiono, senza che possano ricevere contraccolpo nè rimbalzare dopo la loro caduta.

Quando questa macchina va più lentamente non innalza che un secchio o circa 18 pinte d'acqua in 5 minuti; ma questa quantità aumenta a misura che la sorgente è più abbondante. Del resto si potrebbe fare una macchina simile a questa che innalzerà un moggio d'acqua per minuto ed anche più se la sorgente ne è capace.

1202. Questa macchina che è costrutta a Chicley nella contea di Buckingam sovviene ai bisogni della casa ed ai giardini del cavaliere Giovanni Chester Baronotto. Tutti gli artisti che l'hanno veduta confessano

essere perfetta nel suo genere; essa è stata approvata ed encomiata da Newton e da Fleury Beigthon che ne fece la descrizione.

Benchè la rettificazione di questa macchina siasi attribuita a Bucket, da un certificato del cavaliere Chester sembra che sia stata costrutta presso di lui da un tale chiamato Giorgio Gerves, che ne ha dedicato il disegno intagliato ai Membri della Società Reale, il che farebbe credere che egli avesse molto contribuito a renderla perfetta nel modo che è attualmente.

Dopo aver data la descrizione delle più belle macchine di cui si può far uso per innalzar l'acqua di una sorgente o di un fiume in una vasca, ci rimane a prescrivere delle regole per condurla da questa vasca, per mezzo di tubi, ai diversi punti a cui deve essere distribuita, acciò il diametro di questi tubi sia proporzionato alla quantità d'acqua che vi deve sgorgare relativamente alla velocità ch'essa avrà ed alla lunghezza del cammino che deve percorrere, e questo è quello che faremo nel capo seguente.

CAPO SECONDO

DELL' AZIONE DELL' ACQUA NEI TUBI DI CONDOTTA.

1203. È noto che l'acqua rinchiusa in un tubo ricurvo come un sifone, una delle cui braccia corrisponda ad una sorgente o serbatojo, risale nell'altro braccio allo stesso livello ove rimane tranquilla, a meno che una forza superiore all'azione della colonna che la sostiene non imprima ad essa una velocità e non la costringa a scaricarsi in una docoia destinata a riceverla: che se si vuole che questa forza provenga dall'acqua contenuta nel primo braccio, fa d'uopo necessariamente fare il secondo meno elevato, e tanto meno quanto vorrassi che somministri una maggior quantità d'acqua, la quale sarà relativa sempre alla grossezza del tubo ed alla velocità ch'essa avrà allo sbocco.

Ne segue che quando si vorrà far risalire in un tubo una certa determinata quantità d'acqua, se il diametro è dato fa d'uopo che l'acqua vi scorra con una velocità capace della portata che si cerca, e che esista un certo rapporto fra le altezze delle braccia del sifone.

1204. Si debbono adunque considerare tre cose per far risalire l'acqua per mezzo di tubi; 1.° la quantità d'acqua che si vuol avere; 2.° la superficie del cerchio del tubo; 3.° la velocità dell'acqua: ora, siccome la superficie del cerchio del tubo moltiplicata pel cammino che farà l'acqua in un minuto, sarà eguale alla sua dispensa nello stesso tempo, con queste tre grandezze si può istituire un'equazione per mezzo della quale, conoscendo due di queste quantità, si avrà la terza.

1205. Chiamando d il diametro del tubo espresso in pollici; m la dispensa ogni minuto; u la velocità dell'acqua allo sbocco del tubo, si avrà $\frac{d^2}{144}$ pel rapporto del quadrato del diametro ad una superficie di un piede quadrato, che darà quella del cerchio dicendo: come 14 sta ad 11; così $\frac{d^2}{183}$ sta ad un quarto termine che sarà espresso da $\frac{11d^2}{2016}$, o presso a poco $\frac{d^2}{144}$, che moltiplicato per u dà $\frac{d^2}{183} \times u = m$; il che dimostra che *per avere ogni minuto la dispensa espressa in piedi cubici di un tubo di condotta di cui si conosce il diametro e la velocità dell'acqua, bisogna moltiplicare il quadrato del diametro per la velocità dell'acqua e dividere il prodotto pel numero costante* 183, *e il quoziente darà la quantità d'acqua cercata.*

1206. Siccome da quest'equazione si deduce anche $u = \frac{183 \times m}{d^2}$, ne segue che quando si conoscerà il diametro del tubo e la sua dispensa va-

lutata in piedi cubici, si avrà la velocità dell' acqua ogni minuto *moltiplicando la dispensa pel numero* 183, *e dividendo il prodotto pel quadrato del diametro.*

E siccome dalla stessa equazione si ha anche $d = \frac{\sqrt{183 \times m}}{u}$, ne segue che per avere il diametro del tubo, conoscendone la dispensa in piedi cubici e la velocità dell'acqua ogni minuto, *bisogna moltiplicare la dispensa pel numero* 183, *dividere il prodotto per la velocità, ed estrarre la radice quadrata del quoziente, che darà il diametro cercato.*

1207. Per conoscere il rapporto che deve sussistere fra l'altezza dei tubi di cacciata e di fuga, relativamente alla velocità che si vuol dare all'acqua, supporremo che A B rappresenti una vasca che riceve incessantemente l'acqua da una sorgente o da una macchina; che al fondo di questa vasca sia un tubo di cacciata F D, figura 1, il cui orifizio C D sia proporzionato alla quantità d'acqua che la sorgente somministra, di modo che sia sempre pieno, malgrado la dispensa che se ne farà allo sbocco E P che mette capo ad un tubo orizzontale E N della stessa grossezza corrispondente ad un braccio di fuga G K N che conduce l'acqua della sorgente in un serbatojo L M, e che trattasi di conoscere quale sarà l'altezza G Q di questo tubo rapporto alla caduta V D E, acciò esca dall'orifizio R una quantità d'acqua eguale a quella che si vuol derivare dalla sorgente.

1208. Seguendo ciò che si è detto negli articoli 899, 900, 901 i quali è meglio rileggere per maggior intelligenza, fa duopo che la colonna G Q K S sia spinta all'insù dall'acqua della comunicazione F S con la velocità ch'essa deve avere all'uscita dell'orifizio R, e che l'altezza G Q di questa colonna sia eguale alla caduta capace della velocità rispettiva dell'acqua della caduta V D E, poichè è indifferente che l'acqua della comunicazione spinga uno stantuffo all'insù o che agisca immediatamente su la colonna di cui deve superare la resistenza; perciò tutto quanto ho detto negli articoli stessi può applicarsi al soggetto di cui si tratta attualmente: quindi chiamando a la caduta V D E; b quella che è relativa alla velocità dell'acqua che deve uscire dall'orifizio R; c l'altezza G Q a cui si vuole innalzar l'acqua, o la caduta capace della velocità rispettiva (901); si avrà prendendo le radici della caduta per le velocità che loro corrispondono, $\sqrt{a} = \sqrt{b} + \sqrt{c}$ (433) che è la stessa formola come nell'articolo 899, pel cui mezzo si troverà quella delle tre grandezze a, b, c che si vorrà, conoscendo le altre due. Per esempio siccome se ne deduce $\sqrt{a} - \sqrt{b} = \sqrt{c}$, il cui quadrato è $a + b - 2\sqrt{ab} = c$; vedesi che *per avere l'altezza* G Q, figura 1, *del ramo di fuga, fa duopo aggiugnere l'altezza* V D E $= a$ *della sorgente alla caduta capace della velocità dell'acqua* $= b$ *allo sbocco dell'orifizio* R, *e sottrarre dalla somma di queste due cadute il doppio della media proporzionale, presa fra le stesse cadute; la differenza darà l'altezza a cui l'acqua della sorgente può essere innalzata.*

1209. Se si conoscessero le altezze V D E, Q G dei tubi di cacciata e di fuga e si volesse conoscere la dispensa ogni minuto dell'orifizio R, si consideri che dalla prima equazione si deduce $\sqrt{a} - \sqrt{c} = \sqrt{b}$, ovvero $a + c - 2\sqrt{ac} = b$, il che dimostra *che bisogna sommare insieme le altezze dei tubi di cacciata e di fuga, sottrarre dalla somma il doppio della media proporzionale presa fra le stesse altezze; la differenza darà la caduta capace della velocità che avrà l'acqua*

ogni secondo allo sbocco dell' orifizio R. Se si moltiplica questa velocità per la superficie dell'orificio, ed il prodotto per 60, si avrà la dispensa cercata.

1210. Finalmente se si volesse innalzar l'acqua ad una certa determinata altezza G Q per iscaricarla dall' orifizio R con una velocità in tal modo determinata, e si volesse conoscere l'altezza della caduta V D E, capace di farla risalire colle due condizioni proposte, si consideri che dalla prima equazione si deduce ancora $a = b + c + 2\sqrt{bc}$, e ciò dimostra *che per avere l' altezza del tubo di cacciata bisogna primieramente cercare la caduta capace della velocità dell' acqua allo sbocco dell' orifizio* R, *sommarlo coll' altezza* G Q *nel tubo di fuga, ed unire alla somma il doppio della media proporzionale presa fra le due quantità aggiunte.*

1211. Siccome non si può aumentare la velocità dell' acqua che deve uscire dall' orifizio R senza diminuire l' altezza G Q del tubo di fuga, nè aumentare l' altezza di questo tubo senza diminuire la velocità dell' acqua che deve uscirne quando la caduta V D E rimane costante, si concepisce naturalmente che il braccio di fuga deve avere una certa altezza, rapporto al braccio di cacciata, acciò l' acqua salga più alto che si possa, e che si riduca in pari tempo con maggior velocità possibile nella vasca LM, affinchè il più gran prodotto corrisponda alla massima elevazione.

1212. Per determinare il *maximum* chiameremo ancora a l' altezza V D E del tubo di cacciata, ed x l' altezza G Q del tubo di fuga; quindi la velocità totale dell' acqua della caduta sarà $\sqrt{a}$, e la velocità rispettiva $\sqrt{x}$: poich' essa è quella di cui sarà capace l' altezza G Q; e la velocità dell' acqua che deve salire nel braccio di fuga, sarà $\sqrt{a} - \sqrt{x}$, che essendo moltiplicato per x, quadrato della velocità rispettiva, che esprime la resistenza della colonna che si vuol innalzare, si avrà $\sqrt{ax^2} - \sqrt{x^3}$, ovvero $a^{1/2} x - x^{3/2}$ per la quantità di moto della colonna di fuga, della quale prendendo il differenziale per eguagliarlo a zero, come al solito si ha $a^{1/2} dx - {}^{3}/_{2}\, x^{1/2} dx$, ovvero $a^{1/2} = {}^{3}/_{2}\, x^{1/2}$ d' onde il quadrato $a = {}^{9}/_{4}\, x$, ovvero ${}^{4}/_{9}\, a = x$; il che dimostra *che acciò la massima dispensa corrisponda ad una maggior elevazione, fa d' uopo che il braccio di fuga non abbia per altezza che i quattro noni di quello di cacciata.*

1213. Estraendo la radice quadrata di ${}^{4}/_{9}\, a = x$, si ha ${}^{2}/_{3} \sqrt{a} = \sqrt{x}$, donde si rileva che la *velocità rispettiva sarà due terzi della velocità totale, di cui può essere capace la caduta* V D E; che per conseguenza la maggior velocità dell' acqua allo sbocco dell' orifizio R non ne sarà che il terzo.

1214. Volendo applicare ad esempj sensibili le regole da noi stabilite, supporremo nel primo che si abbia una caduta di 40 piedi alla cui sommità è una sorgente che somministra 20 pollici d' acqua che si vogliono condurre per un tubo di 4 pollici di diametro alla maggiore altezza possibile, sopra il livello del piede della caduta.

A tale effetto si ridurrà in piedi cubici la dispensa di cui si tratta moltiplicando i 20 pollici d' acqua per 28 libbre, e dividendo il prodotto per 70 libbre si avranno 8 piedi cubici. Bisogna poscia, secondo l' articolo 1205, cercare la velocità che deve aver l' acqua nel condotto, moltiplicando gli 8 piedi cubici per 183, e dividendo il prodotto per 16, quadrato del diametro del tubo si avranno 91 piedi e 6 pollici per la

velocità dell'acqua ogni minuto, cui bisogna dividere per 60, onde averla ogni secondo, che troverassi un piede 16 pollici e 3 linee.

Ora facendo uso delle tavole del tomo I bisogna cercare la velocità relativa della caduta, sottrarne quella dell'acqua nel tubo; e la caduta capace della differenza di queste due velocità determinerà l'altezza a cui l'acqua può essere innalzata per dispensarvi ciò che fornisce la sorgente; quindi secondo l'articolo 471 si troverà che una caduta di 40 piedi è capace di una velocità di 49 piedi ogni secondo, da cui sottraendo quella dell'acqua da noi trovata 1 piede, 6 pollici e 3 linee, la differenza sarà 47 piedi, 5 pollici e 9 linee per la velocità rispettiva, la cui caduta è 37 piedi 7 pollici (472), che è l'altezza a cui l'acqua potrebbe risalire se la velocità non fosse ritardata dai gomiti e dagli attriti delle pareti del tubo; perciò in pratica bisogna dare al braccio di fuga minore altezza che non si troverà col calcolo, e tanto meno quanto più lunga sarà la condotta e quanti più gomiti avrà, il che non può determinarsi con l'esperienza; ma io farò astrazione da questi ostacoli negli altri esempi che riferirò in seguito.

1215. Se fosse data l'altezza a cui si vuole innalzar l'acqua, come pure la velocità con cui deve sgorgare nei condotti, e si volesse conoscere l'altezza del tubo di cacciata, acciò tutta l'acqua possa risalire naturalmente nella vasca con la data velocità; *bisognerebbe aggiugnere questa velocità a quella di cui può essere capace una caduta eguale all'altezza cui si vuole innalzar l'acqua, cercare la caduta relativa alla somma di queste due velocità, ed essa determinerà l'altezza d'onde l'acqua deve partire per giugnere al termine proposto.*

Per esempio si vuole innalzar l'acqua ad un'altezza di 37 piedi e 7 pollici per mezzo di un tubo in cui deve scorrere con una velocità di un piede, 6 pollici e 3 linee; bisogna sommare questa velocità con quella di cui è capace una caduta di 37 piedi e 7 pollici, che è di 47 piedi, 6 pollici e 9 linee; e si troveranno 49 piedi per la somma di queste due velocità la quale corrisponde ad una caduta di 40 piedi che è l'altezza cercata.

1216. Quando è determinata l'altezza dei tubi di cacciata e di fuga e così pure la grossezza del tubo di condotta, per conoscere la velocità dell'acqua che vi deve sgorgare, e quindi la sua dispensa, *bisogna cercare le velocità relative alla caduta ed all'altezza a cui vuolsi elevar l'acqua, e la differenza di queste due velocità sarà quella dell'acqua, la quale non si avrà che a moltiplicare per la superficie del cerchio del tubo.*

Per esempio si ha una caduta di 80 piedi corrispondente ad un tubo di condotta di 6 pollici di diametro e vuolsi elevar l'acqua a 70 piedi d'altezza sopra il piede della caduta: chiedesi la quantità d'acqua che la vasca riceverà ogni minuto; fa duopo cercare le velocità relative alle cadute di 80 e 70 piedi, che si troverà di 69 piedi, 3 pollici e 4 linee, e 64 piedi, 5 pollici ed 8 linee, la cui differenza dà 4 piedi, 5 pollici ed 8 linee ogni secondo per la velocità che si cerca, la quale essendo moltiplicata per 36, quadrato del diametro, ed il prodotto diviso pel numero costante 183, dà $\frac{161}{183}$ piedi cubici per la dispensa ogni secondo, che moltiplicata per 60, dà piedi cubici 52 4/5 ovvero moggia 6 3/5 per questa dispensa ogni minuto, supponendo che la sorgente ne sia capace.

1217. Del pari conoscendo la caduta, l'altezza a cui si vuole innalzar l'acqua e la dispensa della sorgente, chiedesi quale esser debba il diametro del tubo acciò la grossezza di esso sia proporzionata alla dispensa.

Bisogna cercare le velocità relative alla caduta ed all' altezza del tubo di fuga; sottrarre una dall' altra per avere quella dell' acqua, poscia moltiplicare la dispensa ridotta a piedi cubici pel numero costante 183; *dividere il prodotto per la velocità dell' acqua*, *e la radice quadrata del quoziente darà il diametro che si cerca* (1206); per esempio se si suppone che l' altezza della caduta e quella del tubo di fuga sieno le stesse, come nel caso precedente, la velocità dell'acqua sarà di 4 piedi, 5 pollici ed 8 linee ogni secondo, o 268 piedi e 4 pollici ogni minuto; e supponendo pure che la dispensa della sorgente sia di piedi 52 4/5 cubici ogni minuto, bisognerà moltiplicare questo numero per 183, e dividere il prodotto per piedi 268 1/3; il quoziente darà 36, la cui radice è 6 pel diametro del tubo, il che è evidentissimo poichè ci siamo serviti delle stesse quantità come nell' esempio precedeute.

1218. Acciò le regole da noi stabilite possano aver luogo in pratica fa duopo che il livello dell' acqua del serbatojo sia mantenuto sempre alla stessa altezza, che la superficie al di sopra dell' orifizio del tubo di cacciata sia bastantemente elevata per fornire più acqua a questo tubo che non se ne può dispensare dall' orifizio di fuga, e ciò potrà avvenire, quando la velocità dell' acqua allo sbocco della vasca moltiplicata pel quadrato del diametro della valvola che corrisponde al fondo della stessa vasca, darà un prodotto più grande di quello della velocità dell' acqua allo sbocco del braccio di fuga, pel quadrato del diametro del proprio orifizio; perocchè fa duopo che il braccio di cacciata sia sempre pieno perfettamente come se l' acqua vi stagnasse, acciò sia capace dell' impulso della caduta su cui si sarà fatto il calcolo (532).

1219. È pur necessario che la doccia sia grande abbastanza per contenere una quantità d' acqua capace di fornire incessantemente la dispensa del condotto, ed osservar bene che non si formi nell' acqua un imbuto sopra l'orifizio di cacciata (527), perocchè potrebbe succedere che l' acqua si sostenesse sempre allo stesso livello contro le pareti della vasca senza che perciò il braccio di cacciata fosse perfettamente pieno, potendo l'acqua ingorgarsi all' ingresso del tubo di cacciata, e far credere che questo tubo sia pieno mentre esisterà un vuoto verso la sommità che diminuirà l'altezza della colonna di cacciata. Per evitare adunque tale inconveniente bisognerebbe dilatare verso il vertice il tubo di questa colonna ed anche farlo di un diametro maggiore di quello che dovrebbe avere, acciò la velocità dell' acqua discendendo sia la minore possibile onde al piede della caduta, la sua forza assoluta non sia punto alterata, e tutto considerato non si conosce malgrado tali attenzioni, che l' acqua allo sbocco di un tubo di cacciata abbia la stessa forza come se uscisse del fondo di un serbatojo molto ampio della stessa altezza della caduta ed in cui l'acqua non avesse nel discendere una velocità sensibile, quella che dispensa un tubo verticale non potendo essere rimpiazzata dai fianchi, poichè la sorgente è alla sommità, fa duopo necessariamente che nel discendere vi sia una velocità eguale a quella dell' acqua che scorre nel condotto, oppure che esce dall' orifizio di fuga, il che fa sì che l' acqua verso il piede della caduta si

sottrae per così dire all' impressione di quella che la scaccia, da cui essa non può ricevere che una spinta relativa, perocchè in tutta l' altezza del tubo non regna questa contiguità di pareti d' acqua che s' incontrano nell' acqua stagnante, formante il progresso della spinta da cui risulta la forza assoluta.

Segue da tale ragionamento che se maggiore è la velocità dell' acqua che sgorga in un condotto, più la forza assoluta della colonna di cacciata è alterata, e siccome la cagione non può essere modificata se non lo sono pure i suoi effetti, si può conchiudere che le dispense che si troveranno col calcolo sorpasseranno sempre quella che darà l'esperienza indipendentemente dall' attrito dell' acqua contro le pareti del tubo di condotta, che debbono necessariamente diminuirne la velocità e per conseguenza la dispensa.

1220. Per insinuare il sentimento che si deve avere della natura dell' attrito di cui parliamo, bisogna considerare che i condotti non essendo calibrati, le loro pareti comprendono un' infinità di parti saglienti le cui superficie opposte alla direzione dell' acqua fanno zampillare quella che le incontra, la quale trovandosi respinta indietro si oppone al corso di quella che segue e ne modifica la velocità, il che non succede sensibilmente che nelle parti dell' acqua che si avvicinano di più alla superficie del tubo; ma, siccome questa diminuzione di velocità si comunica secondo una certa gradazione alle altre parti dell' acqua che corrispondono all' asse del tubo, *dunque soltanto con una velocità media fra la minore e la maggiore, cioè fra quelle delle parti dell' acqua che si avvicinano di più alle pareti del tubo, e quelle delle parti che corrispondono all' asse devesi esprimere la velocità uniforme dell' acqua modificata relativamente alla sua velocità naturale.*

Siccome un picciolo tubo della stessa lunghezza ha maggior superficie in ragione del volume d'acqua che contiene, di quello che il grosso tubo ha di superficie pure rapporto al volume d' acqua che contiene, reciprocamente come il diametro del secondo tubo sta al diametro del primo (492), *ne segue che il rapporto del consumo dell' acqua del picciol tubo alla sua dispensa naturale, deve stare al rapporto del consumo del tubo grosso alla sua dispensa naturale, inversamente come il diametro del secondo sta al diametro del primo* (493). A cose d'altronde eguali per conseguenza, tutto ciò che di generale abbiamo detto su l' attrito dell' acqua nell' ottava sezione del Capo 3, libro I, può applicarsi al calcolo del consumo dell' acqua che scorre nei tubi della stessa lunghezza.

1221. La cagione produttrice degli attriti in un medesimo tubo, trovandosi continuamente ripetuta lungo il cammino che l' acqua deve percorrere; *vedesi che la sua velocità deve andar decrescendo, secondo i termini di una progressione aritmetica il cui primo termine sarebbe espresso dalla velocità naturale dell' acqua al suo entrare nel condotto (che suppongo rettilineo ed orizzontale) e l' ultimo con la sua velocità effettiva allo sbocco dello stesso tubo:* ora supponendo la lunghezza del tubo divisa in un gran numero di parti eguali, la velocità dell' acqua dovendo diminuire a misura che le sue parti si presentano, questa diminuzione si farà in ordine inverso dell' aumento del tubo.

Secondo questo ragionamento, prendendo l' altezza C D, figura 2, del trapezio A B C D per la lunghezza del tubo, la base A D per la velocità

naturale dell' acqua al piede della caduta, e il lato B C per la sua velocità effettiva allo sbocco dell' orifizio di fuga, tutti gli elementi di questo trapezio esprimeranno le velocità diverse che l' acqua avrà avuto prima di giugnere al punto C, ove essendo premuta, rimarrà uniforme allo sbocco del tubo come in tutta la sua lunghezza.

1222. Secondo quest' idea trattasi di sapere quale sarebbe la velocità uniforme dell' acqua allo sbocco G, di un altro tubo, la cui lunghezza D G fosse minore di D C; supponendo che le braccia di cacciata e di fuga sieno le stesse come nel primo caso. A tale effetto chiameremo L la lunghezza D C del primo tubo, l quella di un altro più breve, ma dello stesso diametro; V la velocità naturale A D dell' acqua al piede della caduta; u la velocità effettiva B C trovata con l'esperienza.

Conducendo la F G paralella alla base A D e la perpendicolare B E, si avrà C G ovvero $BH = L - l$ ed $AE = V - u$; quindi dai triangoli simili si potrà dedurre la proporzione seguente : $BE = L : EA = V - u :: BH = L - l : HF = \frac{(V-u)(L-l)}{L}$, che dà $FH = V - u + \frac{ul - Vl}{L}$; alla quale aggiungendo B C od $HG = u$, si ha $FG = V - u + u + \frac{ul - Vl}{L}$, ovvero $FG = V + \frac{(u-V)l}{L}$; la quale dimostra che *per avere la velocità che avrà l' acqua allo sbocco* G *del tubo* D G, *bisogna prendere la differenza della sua velocità naturale alla velocita effettiva, moltiplicare questa differenza per la lunghezza del tubo più breve, dividere il prodotto per la lunghezza dell'altro, e sottrarre il quoziente dalla velocità naturale, il residuo darà la velocità che si cerca.*

1223. Giova osservare che nel primo caso il tubo potrebbe essere di tale lunghezza che l'acqua cessasse interamente di scorrere per un certo tempo dopo esser giunta ad un dato punto, perocchè la progressione delle velocità decrescendo di continuo, deve esservi un termine che si riduce a zero e che s'incontrerà nel punto N in cui vanno ad unirsi i lati prolungati AB, DC; allora la lunghezza D N del tubo (che chiameremo l), esprimerà quella che corrisponde alla più picciola velocità; e siccome i triangoli simili A B E, AID, danno $AF = V - u : EB = L :: AD = V : DN = \frac{LV}{V-u}$, *si troverà la lunghezza del tubo che corrisponde alla più picciola velocità dell'acqua moltiplicando quella del tubo dell' esperienza* D C, figura 2, *per la velocità naturale dell'acqua al termine della caduta, e dividendone il prodotto per la differenza fra la velocità naturale e l'effettiva trovata dall' esperienza.*

Se si volesse conoscere la velocità K L di un altro tubo D L, che chiameremo ancora l, più grande di quella del tubo d'esperienza, e minore di quella che corrisponde alla più picciola velocità, si osservi che i triangoli simili ABE, AKI danno ancora $BE = L : AE = V - u :: LD = KI = L : AI = \frac{(V-u)l}{L}$; e siccome si ha $AD = V - AI = ID$ ovvero K L; si avrà dunque $KL = V + \frac{(u-V)l}{L}$; *che dimostra doversi prendere la differenza delle due velocità estreme del tubo d' esperienza, moltiplicarla per la lunghezza data del tubo, dividere il prodotto per la lunghezza del tubo d'espe-*

rienza, e sottrarre il quoziente della velocità naturale, per avere la differenza che sarà la velocità che si cerca.

1224. Se l'acqua che scorre nei tubi non avesse altri ostacoli a superare tranne quelli che nascono dagli attriti, si potrebbe col sussidio di qualche sperienza dedurre da ciò che precede regole bastantemente esatte per servirsene in pratica; ora siccome succeda quasi sempre che i grandi condotti, invece di andare in linee retta vanno a zigzag, ed anche ondeggiando od a cascate, a cagione dalla necessità di assoggettarli alla disposizione del terreno, il che ritarda di molto la velocità dell'acqua, non è che col soccorso di un gran numero di sperienze fatte nei principali casi, che si può applicare con successo la teoria alla pratica; ed a ciò si deve sperare di giugnere dacchè Couplet ha dato nelle Memorie dell'Accademia Reale delle scienze dell'anno 1732, un dettaglio ben circostanziato di tutte le operazioni fatte altre volte con suo padre e Villiard su la dispensa dei tubi che conducono l'acqua nei serbatoj di Versailles, che forse è il solo luogo del mondo in cui si trovi ciò che puossi desiderare per far esperimenti della natura di quelli di cui parliamo; e confesso che senza il soccorso che traesi dalle loro osservazioni avrei faticato molto a sapere dove prender le idee che mi mancavano, per dare in questo Capo tutte le istruzioni di cui possono aver bisogno quelli che fanno lavorare alla condotta delle acque; ma se l'equità mi obbliga a pubblicare il merito delle sperienze di Couplet, ciò che si deve al vero non mi permetta dissimulare che le conseguenze che ne dedussi non sieno giuste come se ne potrà giudicare dopo la lettura dell'articolo seguente.

1225. Gli autori che scrissero finora sul moto delle acque pretendono che avendosi un sifone il cui braccio di cacciata CE, fig. 1, corrispondesse ad una vasca AB sempre piena d'acqua, la velocità di quella che usciva dal braccio di scarico GK dell'acqua, doveva essere espressa dalla radice quadrata dell'eccesso VO del livello AK sopra la sommità QK del braccio di fuga; pensando che essendo in equilibrio le due colonne TE, QS non vi era che la TYVO che abbiamo chiamato *battente*, la quale cagionava la dispensa che secondo loro doveva essere la stessa di quella che succederebbe pel fondo TO se fosse staccato dal sifone; cioè che facendo astrazione da ogni altro ostacolo, la velocità dell'acqua all'uscita del braccio di fuga doveva essere eguale a quella che può acquistare un corpo cadendo dall'altezza VO del *battente*, mentre invece si è dimostrato nell'art. 1208, che questa velocità doveva essere espressa dalla differenza di quelle onde potevano esser capaci le cadute di spinta e di fuga, perocchè la colonna di spinta YE agendo con una forza *relativa eguale al peso della colonna di fuga* QS *della stessa altezza di* TE, *la sua quantità di moto è necessariamente eguale al prodotto della velocità dell'acqua nel condotto* EN, *e del quadrato della sua differenza con la velocità corrispondente della caduta* VE; ora siccome la radice quadrata di questa caduta è minore della somma delle radici delle sue parti VO ed OE per la ragione che l'ipotenusa di un triangolo rettangolo è minore della somma degli altri due lati, vedesi ancora che la velocità dell'acqua all'uscita dell'orifizio R non può essere espressa dalla radice quadrata dell'altezza del *battente* che sarà sempre molto più grande della differenza delle radici delle cadute di spinta e di fuga.

1226. Queste riflessioni essendo sfuggite a Couplet che ha seguito il metodo allora usitato, cioè di valutare la velocità dell'acqua *per le radici dei*

battenti, e non con la differenza di quelle delle cadote, l'hanno gettato in errori considerevoli di calcolo, quando ha voluto valutar la dispensa naturale dei tubi su cui fece le sue sperienze per paragonarla alla dispensa effettiva, ma i più grandi geometri sono soggetti ad ingannarsi quando si tratta di materie relative alla fisica senza che si possa fare ad essi un rimprovero legittimo specialmente quando l'errore è stato trasmesso da un numero di celebri autori. Eccetto ciò la memoria di Couplet comprende eccellenti cose su la maniera di misurare le acque con precisione, come se ne giudicherà dall'estratto che segue, dal quale potrà scaturire nuova luce a coloro che non sono a portata di leggere quest'opera come l'ha data l'autore.

1227. Couplet comincia dall'osservare che sebbene le leggi del moto delle acque sieno state lo scopo delle ricerche di molti abili matematici, il frutto che ne trassero si riduce soltanto a qualche regola su l'altezza e la dispensa dei getti che non possono essere di un grande vantaggio nella pratica, perocchè le loro sperienze non sono state fatte che su condotti brevissimi o su condotti terminati da cannelli, nei quali condotti l'acqua non ha gli stessi attriti come nei grandi, e d'onde l'acqua esce a gola piena cioè per un orifizio eguale al cerchio del tubo; quindi non hanno potuto osservare le differenze considerevoli che s'incontrano fra le quantità d'acqua che deve dare l'esperienza a quelle che si trovavano con le loro regole; in quest'occasione Couplet riferisce che *un condotto che secondo le stesse regole avrebbe dovuto fornire* 61 *pollici d'acqua non ne ha somministrato che* 2 *pollici e* 3 *linee, perchè era estremamente lungo*, *e versava l'acqua a gola piena.*

Dopo ciò Couplet dà il dettaglio del livello dei cinque profili di condotti, su cui fece le sperienze con suo padre e Vieillard; ma prima d'entrare in verun dettaglio delle stesse esperienze, Couplet fa osservare che la misura delle acque facendosi sempre molto in picciolo, il più lieve errore nell'esperienza fondamentale diviene considerevole, perocchè si trova ripetuta nel calcolo totale; perciò insiste che non si farebbe mai troppo per conoscere la natura ed il valore degli errori in cui si può cadere.

Per esempio, siccome è impossibile quasi, facendo uso di un modulo cubico, come si fa d'ordinario, di poter giudicare del divario di una linea o di mezza linea; se è perfettamente piano, succede che l'errore essendo per tutta l'estensione della superficie dell'acqua, essa troverassi tanto più moltiplicata quanto maggior base avrà il modulo; perciò Couplet per evitare quest'inconveniente vorrebbe che si facesse uso di un modulo piramidale così acuminato, che una linea di più o meno d'altezza d'acqua alla sua estremità superiore, potesse essere valutata per nulla rapporto a tutto il volume d'acqua che contiene, e che il modulo fosse diviso da un numero di diafragmi per calmare la rapidità dell'acqua ed impedire le ondulazioni che possono rendere equivoca la misura.

Dimostra quindi geometricamente che gli errori nella misura di una stessa sorgente con diversi moduli stanno reciprocamente come le capacità degli stessi, e che gli errori risultanti dalla misura delle diverse sorgenti con uno stesso modulo stanno tra loro come i quadrati delle dispense o valori delle sorgenti stesse.

Riguardo agli errori che provengono dal tempo impiegato a riempire il modulo, Couplet fa vedere che sono quelli di maggior conseguenza, perocchè il calcolo ripetendoli sopra una maggior quantità d'acqua

saranno tanto più considerevoli quanto più abbondanti saranno le sorgenti; ora siccome per la ragione contraria, meno sarà rapida la sorgente, e meno sensibile sarà l'errore che potrà nascere da un mezzo secondo di più o di meno, Couplet trova il mezzo di diminuire la rapidità delle sorgenti senza alterare la loro dispensa naturale, dividendole in un numero di rami che potranno essere riguardati come altrettante sorgenti separate, la cui rapidità parziale sarà tanto minore quanto la sua dispensa sarà una minor parte della dispensa totale: per esempio se si divide la sorgente in due rami eguali, ciascuno nel proprio efflusso impiegherà un tempo doppio di quello della sorgente totale; allora non trovandosi che lo stesso errore per un tempo doppio esso non sarà che la metà di ciò che sarebbe stato, se il tempo della misura non fosse stato che la metà di quello che si sarà impiegato. Per la stessa ragione quando la sorgente sarà divisa in tre rami, l'errore non sarà che il terzo di ciò che sarebbe stato senza questa divisione e così delle altre.

Couplet avendo osservato che Mariotte aveva valutato il pollice d'acqua ora 14 pinte ora $13\ \frac{3}{81}$ non ha voluto seguire le sperienze di quest'autore e si è attenuto a quelle che sono state fatte da M. Roëmer, Picard e Vieillard che si accordano tutti nel dare 13 pinte 1/3 misura di Parigi al valore del pollice d'acqua: aggiugnerò che Couplet si è servito per modulo nelle sue sperienze di un vaso che conteneva 896 pollici cubici d'acqua che valgono 18 pinte 2/3, e che per maggior comodità ha calcolato delle tavole per la misura delle acque i cui tempi sono divisi ad ogni mezzo secondo; quindi servendosi di queste tavole, trovasi che una sorgente che riempirebbe in un mezzo secondo il modulo di cui si serve, dispenserebbe 188 pollici d'acqua ogni minuto, e quella che lo riempirà in tre mezzi secondi, non dispenserà che 56 pollici, e così delle altre.

Del resto siccome le mie osservazioni non riguardano che le sperienze riferite da Couplet, ho creduto doverle trascrivere letteralmente al pari delle conseguenze che ne ho dedotte, trattandosi di operazioni di pratica che non possooo essere spiegate meglio che dall'autore.

Sperienza di Couplet su la misura delle acque che scorrono nei condotti.

1228. » La figura 3 è il profilo di un tubo di ferro di 4 pollici di » diametro che tempo fa conduceva l'acqua dal serbatojo di Piazza Delfina, » detto il serbatojo delle buone acque, in quello delle piccole scuderie di » Versailles.

» A B C è il serbatojo di Piazza Delfina, che è in forma di un prisma » retto, la cui base è un quadrato di circa due piedi di lato, e la sua altezza » è due piedi ed 8 pollici; esso è situato in via Delfina, in una casa del re » comunemente detta la casa delle acque buone, e trae le sue acque dall'osser- » vatorio quadrato presso S. Antonio; questo le riceve da Bailly e da Chesnay, » due villaggi a destra ed a sinistra di Roquancour su la strada di Marly.

» A è una valvola posta al fondo del serbatojo di piazza Delfina; essa » ha 6 pollici di diametro; a questa valvola s'imbocca un tubo discendente » di piombo e dello stesso diametro di 6 pollici nella lunghezza soltanto » di circa 6 piedi, alla cui estremità s'imbocca un secondo tubo discendente

» pure di piombo ma di 4 pollici soltanto di diametro, come tutto il re-
» stante del condotto.

» Questi due tubi discendenti formavano una lunghezza verticale di 23 » piedi e 4 pollici, facendo in D un gomito come lo indica il profilo » d'onde il condotto continua, salendo per un declivio DF di 133 tese, 5 » piedi e 9 pollici di lunghezza per un' altezza verticale ED di 16 piedi » 6 pollici e 3 linee. D'onde vedesi che la lunghezza orizzontale EF era » di circa 133 tese 5 piedi, 7 pollici, che non differisce dalla stessa linea » del condotto che di 2 pollici circa.

» Dal punto F essa continua a salire fino in H; ma per un declivio » più dolce FH di 59 tese di lunghezza, sur una verticale FI di 1 piede » ed 1 pollice; d'onde si vede che la lunghezza orizzontale IH, non era » che di 1 pollice circa minore della linea del condotto FH.

» Dal punto H essa discendeva in x per un declivio Hx di 34 tese » ed 1 piede, facendo in cammino al punto M un picciolo gomito insen- » sibile, ed avendo per altezza verticale xR, 4 piedi, 1 pollice e 3 linee; » d'onde si vede che la lunghezza orizzontale HR non era che di qualche » linea minore della linea del condotto HMx.

» Quindi dal punto x essa risale al punto N per un' ascesa xN di » 14 tese e 5 piedi, facendo su la lunghezza al punto R un picciolo go- » mito, ed avendo per altezza verticale xV 2 piedi e 10 pollici; d'onde » si vede che la lunghezza orizzontale VN, era di pochissimo minore della » stessa linea del condotto xrN.

» Finalmente dal punto N in cui era rotondata s'innalzava per un » condotto di piombo NO dello stesso diametro di 4 pollici andando ver- » ticalmente in O al fondo del serbatojo delle picciole scuderie avendo per » quest'altezza verticale NO, 6 piedi e 3 pollici, e per l'estremità O di que- » sto tubo ascendente l'acqua usciva a gola piena, ed a questo sbocco ab- » biamo fatte le prime esperienze.

» Vedesi che le differenze esistenti fra le linee di livello e le linee di » condotta sono bastantemente picciole per essere trascurate rapporto all'at- » trito, poichè questa linea totale LO non si trova che di 4 a 5 pollici » soltanto più breve della linea totale di condotta DFHxN, che è di » 291 tese, 3 piedi e 9 pollici Fig. 3.

» Giova osservare che nel profilo le sinuosità orizzontali che questo » condotto descrive sul terreno non sono punto segnate, nondimeno non si » portava da un luogo ad un altro secondo una linea assolutamente retta; » essa faceva molti gomiti che si erano rotondati per addolcire l'urto del- » l'acqua contro le pareti; nel profilo però è espressa tutta la lunghezza » del condotto.

» Il tubo discendente DA è di 23 piedi e 4 pollici.

» Lo sviluppo DFHMxRN del tubo di ferro è di 271 tese, 5 piedi » e 9 pollici.

» E il tubo ascendente NO è di 6 piedi e 3 pollici in guisa che il » condotto totale è di 296 tese, 5 piedi e 4 pollici, senza comprendervi » l'altezza ABC del serbatojo di 2 piedi ed 8 pollici.

» I varj serbatoj di piazza Delfina sono di piombo e quivi le acque, » che vengono dal quadrato presso S. Antonio, entrano dal fondo per mezzo » di un tubo ascendente che vi sgorga.

» A questo castello, serbatojo di distribuzione, sono saldati varj robinetti » che versano le loro acque in tanti serbatoj particolari in guisa che per » questo mezzo si forniscono i detti serbatoj di quant' acqua si desidera, » aprendo più o meno i robinetti che sono ad essi destinati.

1229. » Primieramente non si è lasciata entrare nel serbatojo di Piazza » Delfina se non una sufficiente quantità d' acqua per mantenerla a livello » su l' apertura della valvola A posta al fondo del detto serbatojo, il quale » su questa valvola è elevato 9 pollici sopra il livello dell' estremità supe- » riore O del tubo di uscita a gola piena per le suddette picciole scuderie.

» Allora servendosi del nostro modulo di 896 piedi cubici, cioè di 18 » pinte e 2/3, misura di Parigi, ovvero 12 pinte misure di S. Dionigi, come » abbiamo annunciato poc' anzi, si è ricevuta tutta l' acqua che usciva a » gola piena dell' estremità O del tubo ascendente alle piccole scuderie, » sempre sotto lo stesso battente A L di 7 pollici, e il nostro modulo si è » riempito in $\frac{69}{2}$ secondi, il che dà come dimostra la tavola, 2 pollici e » 63 linee d' acqua di efflusso ogni minuto.

1230. » In secondo luogo si è fatt' uso dello stesso mezzo per conservare » la superficie dell' acqua in B, ad un piede sopra l' apertura della valvola; » in guisa che questa superficie d' acqua era allora di 21 pollici sopra il » livello dello sbocco O del tubo ascendente alle picciole scuderie.

» Allora collo stesso nostro modulo si è ricevuta tutta l' acqua che » era capace di conservare questa stessa altezza di superficie e se è pieno » in $\frac{40}{2}$ secondi, il che dà come mostra la tavola, 4 pollici ogni minuto, » che usciva nelle dette picciole scuderie, con un carico B L di 21 pollici, » invece di 63 linee di poc' anzi, sotto un battente di 9 pollici di altezza » d' acqua.

1231. » Terzo, nello stesso modo si è mantenuta l' acqua in C nel ser- » batojo di piazza Delfina a 22 pollici sopra l' apertura della valvola A, » cioè a 31 pollici sopra il livello dell' estremità O di uscita del condotto » alle picciole scuderie.

» Allora nel nostro modulo si è ricevuta tutta l' acqua che biso- » gnava per mantenerne il livello al detto punto C e si è riempito » in $\frac{31}{2}$ secondi; il che dà come mostra la tavola, 5 pollici e 60 linee per » l'efflusso alle dette picciole scuderie, sotto un battente C L di 31 pollici.

1232. Con queste tre sperienze noi troviamo tutta l' acqua che questo » condotto di 4 pollici di diametro e di circa 300 tese di lunghezza di- » spensava a gola piena sotto tre battenti diversi.

» Cioè con un battente di 9 pollici questo condotto dispensava 2 pollici » e 63 linee, il che equivale, come si vede nella tavola, a 162 moggia, » 92 pinte in 24 ore.

» Con un battente di 21 pollici dispensava 4 pollici d'acqua, ovvero 266 » moggia, 192 pinte in 24 ore.

» E con un battente di 31 pollici, dispensava 5 pollici e 60 linee di » acqua, ovvero moggia 361, 84 pinte in 24 ore.

» *Vedesi che queste quantità d' acqua effuse non sono fra loro nel* » *rapporto delle radici dei loro battenti, come pretende Mariotte, e siccome*

» *dovrebbero essere, conformemente all' acceleramento delle velocità nella*
» *caduta dei corpi, se non vi fossero ostacoli che loro impedissero di se-*
» *guire questa legge.*

» Infatti nelle tre aperienze da noi riferite i tre battenti sono 9, 21, 31 » pollici le cui radici, sono all' incirca 3, 4 5/9 e 5 $\frac{6}{11}$, che si trovano » fra quelli espressi da 297, 451 e 549.

» Mettendo pure sotto una stessa espressione le quantità d'acqua sgor- » gate ai avranno 351, 576 e 780 linee d'acqua.

» Ora, perchè le quantità d'acqua sgorgate fossero nel rapporto dei » loro battenti, bisognerebbe che l'esperienza la quale ha dato 351 linee di » acqua nella prima osservazione, ci avesse dato 533 linee nella seconda, » invece di 576 che ci diede l'esperienza.

» E bisognerebbe del pari che quest' esperienza che ha dato le 351 » linee d'acqua nella prima osservazione ci avesse dato 655 1/2 linee nella » terza, invece di 780 dateci dall' esperienza.

» In guisa che le dispense d'acqua sarebbero allora 351, 533, 655 li- » nee e 1/2 invece che le vere dispense date dall' esperienza stessa sono » di 351, 576, 780 linee, il che è diversifica molto dal rapporto dei bat- » tenti 297, 461, 549.

» Queste differenze fanno vedere la necessità indispensabile di cono- » scere la teoria degli attriti nei condotti, al che la sola sperienza ci può » guidare come hanno presentito tutti i dotti che trattarono questa materia.

» Ma non si può giugnere alla conoscenza di questa diminuzione di » velocità d'acqua prodotta dall' attrito di queste acque stesse contro le » pareti interne dei loro condotti, se non con una lunghissima serie di spe- » rienze, poichè da essa si potrebbe concludere la legge che le acque si » trovano costrette a seguire, secondo le diversa circostanze che loro pre- » sentano i condotti diversi; perocchè in questa serie d'esperienze, che non » possono essere molto numerose, si potrebbero scoprire le progressioni che » si ha luogo a credere che seguano nell' efflusso delle acque.

» Secondo quest' idea le aperienze che qui riferisco non debbono essere » riguardate se non come un saggio, poichè per il loro troppo picciol nu- » mero si trovano insufficienti, per giugnere a questa conoscenza, ma al- » meno esse avranno il vantaggio di aver servito ad indicare la via che » credo convenga seguire in queste ricerche.

1233. » Mariotte al foglio 265, dice: « ho trovato con molte aperienze » esattissime che un' apertura rotonda di 3 linee di diametro essendo 13 » piedi sotto il pelo dell' acqua di un tubo largo, dava 1 pollice cioè nè » uscivano in un minuto 14 pinte misura di Parigi, pesanti 2 libbre, e 35 » delle quali formano il piede cubico. » Queste sono le sue parole; non- dimeno la misura di un pollice deve essere espressa da pinte 13 1/3 di quelle di 48 pollici cubici, e della quale il piede cubico ne contiene 36 come ho detto poc' anzi.

Da questa regola stabilita da Mariotte per misurare le acque zampil- lanti, devesi conchiudere che per un'apertura circolare di 4 pollici di dia- metro, cioè 16 volte più larga di quella di 3 linee dell'esperienza di Ma- riotte, la quale apertura avrà per conseguenza una superficie 256 volte maggiore, usciranno 256 pollici d'acqua ogni minuto.

Frattanto per conoscere quanti pollici d'acqua usciranno sotto un battente di 9 pollici, da un'apertura circolare di 4 pollici di diametro, si farà quest'analogia.

» Come la radice di 13 piedi o di 156 pollici, la quale è circa pollici 12 1/2, sta alla radice di 9 pollici, la quale è 3; così l'erogazione di 156 pollici d'acqua sta alla quantità di pollici d'acqua che deve fornire la nostra apertura circolare di 4 pollici di diametro sotto 9 pollici di battente.

» Quest'analogia è 12 1/2 a 3, come 156 ad un quarto termine, che è 61 pollici d'acqua, ed $\frac{11}{25}$ per un'apertura di 4 pollici sotto un battente di 9 pollici, mentre l'esperienza da noi fatta a Versailles, non dà che 2 pollici a 63 linee, il che offre una differenza di circa 59 pollici d'acqua ovvero pinte 786 2/3 ogni minuto; il che è molto considerevole.

» Non si fa punto attenzione all'attrito dell'acqua contro il tubo nell'esperienza di Mariotta, perocchè si può credere che fosse debolissimo non essendovi altro attrito che quello su la lastra contro le pareti del tubo di sbocco; poichè il tubo essendo larghissimo, l'acqua discendeva molto lentamente in esso per somministrare il pollice d'acqua che usciva dall'apertura di 3 linee, e l'attrito è tanto meno considerevole quant'è più piccola la velocità dell'acqua.

» E se si può considerar come zero l'attrito che si ha avuto nell'esperienza di Mariotte, allora questi 59 pollici di differenza si debbono attribuire all'attrito che secondo la nostra esperienza si è trovato nel tubo di 4 pollici di diametro e circa 300 tese di lunghezza sotto un battente di 9 pollici che dava la sua acqua a gola piena; ed è meraviglioso che questo attrito dell'acqua contro le pareti del tubo abbia cagionato una diminuzione di efflusso circa 30 volte più grande della quantità d'acqua che è uscita per questo tubo.

» Frattanto questo principio d'esperienze essendo stabilito, non si ha che a ripetere un gran numero d'esperienze con questo stesso tubo di 4 pollici sotto battenti diversi, e con questo mezzo si avrà la progressione che entrerà negli attriti che cerchiamo sotto diversi battenti, o ciò che è lo stesso, con velocità differenti. »

Osservazioni su le sperienze fatte riguardo al primo profilo.

1234. Ecco riportato letteralmente quanto scrisse Couplet relativamente alle sperienze fatte con un tubo di 4 pollici di diametro; ora trattasi di esaminare, se le conseguenze che furono dedotte sieno giuste. « Primo » si dice, non si è lasciato entrare nel serbatojo di piazza Delfina se non » la quantità d'acqua bastante a mantenerla a livello sopra l'apertura della valvola A, posta in fondo del detto serbatojo, il quale è innalzato sopra questa valvola per 9 pollici sopra il livello dell'orlo superiore O del tubo di sbocco a gola piena nelle suddette sonderie. »

Da questo ragionamento, non s'intende come il braccio di cacciata si sia potuto conservare sempre pieno, poichè l'acqua del serbatojo non poteva entrare nel tubo se non scorrendo lungo gli orli della valvola, che si trovavano a fiore della superficie dell'acqua stessa: tutto ciò che si può

dire si è che si conduceva alle picciole scuderie tant'acqua quanta se ne lasciava entrare nel serbatojo di piazza Delfina, cioè 2 pollici e 63 linee, perocchè richiamando ciò che abbiamo osservato negli articoli 1218, 1219, l'imboccatura del tubo poteva essere ingorgata d'acqua senza che effettivamente vi fosse un battente di 9 pollici: comunque sia se ne può conchiudere che la dispensa alle piccole scuderie sarebbe di 61 pollici ed $\frac{11}{25}$ se non vi fossero stati nè gomiti nè attriti; per giudicarne non si ha che a considerare quale sarebbe la dispensa di un tubo verticale di 4 pollici di diametro per 9 pollici di altezza, praticato al fondo di un serbatojo in cui la superficie dell'acqua sfiorasse l'orifizio del tubo; certamente non si potrebbe dire, secondo il calcolo di Couplet, che da questo tubo uscirebbero 61 pollici $\frac{11}{25}$ di acqua ogni minuto, come è facile convincersi, richiamando ciò che è stato detto nell'articolo 573 ove si è dimostrato che un simil tubo di qualunque altezza fosse, non poteva dispensare se non l'acqua che vi entrava; donde segue che prendendo le cose nello stesso senso di Couplet, il risultato di tutti i suoi calcoli non è da accettarsi; d'altronde li fa servendosi di un esperienza di Mariotte che riguarda quasi inalterata rispetto agli attriti; benchè sieno grandissimi a motivo della picciolezza dell'orifizio, avendo dimostrato negli articoli 494 e 495 che la dispensa naturale sta alla dispensa effettiva di quest'orifizio presso a poco come 10 sta a 7; quindi secondo Couplet avviene che la dispensa naturale di una caduta di 9 pollici da un tubo che ne abbia 4 di diametro, dev'essere pollici 92 $\frac{7}{16}$ invece di 61 $\frac{11}{25}$; su la qual cosa giova osservare che per conformarmi alla misura di Couplet, suppongo al pari di lui il pollice d'acqua di pinte 13 1/3 e che ne userò egualmente in seguito nelle mie ricerche.

1235. Avendo fatto vedere negli articoli 1225, 1226 che la velocità dell'acqua che sgorgava in un tubo, non doveva essere valutata per la radice quadrata dell'altezza dell'eccesso del livello dell'acqua del serbatojo sopra il vertice del tubo di fuga, ma bensì per la differenza delle velocità di cui possono essere capaci le cadute di cacciata e di fuga, cercheremo quali dovrebbero essere le dispense naturali del tubo di cui si tratta, nei tre casi in cui Couplet fece le sue sperienze.

Supponendo come Couplet il tubo di cacciata pieno di acqua fino al margine della valvola, la caduta di cacciata si è trovata allora di 23 piedi e 4 pollici, che corrisponde ad una velocità di 37 piedi e 5 pollici ogni secondo; e siccome il battente era di 9 pollici, la caduta di fuga non era più che 22 piedi e 7 pollici, la cui velocità ogni secondo è di 36 piedi e 9 pollici ed 8 linee, che sottratta dalla precedente dà 7 pollici e 4 linee per la velocità dell'acqua ogni secondo, ovvero 36 piedi ed 8 pollici ogni minuto, che è l'altezza della colonna d'acqua che dispenserebbe il tubo di condotta se non avesse che un pollice di diametro; ma siccome ne ha 4, moltiplicando quest'altezza per 16 si avranno 586 piedi ed 8 pollici per l'altezza della colonna d'acqua cercata, supponendo sempre un pollice di diametro; ora siccome questo numero non si trova nella tavola (Tom. 1, pag. 143) bisogna prenderne la metà che è presso a poco 293 piedi che

nella stessa tavola corrispondono a 112 libbre 2 once e 5 grossi il cui doppio dà 224 libbre, trascurando le frazioni, o 112 pinte d'acqua, che divise per 13 1/3 o per $\frac{40}{3}$, danno 8 pollici 2/3 di acqua per la dispensa naturale di un tubo di 4 pollici di diametro, avendo 297 piedi di lunghezza invece di 2 pollici e $\frac{7}{15}$ trovati colla prima sperienza, o di 61 piedi $\frac{11}{25}$ secondo il calcolo di Couplet. Che se si paragona la dispensa effettiva di quest' esperienza con la dispensa naturale che abbiam trovato col nostro calcolo, essa potrà essere espressa da $\frac{4}{13}$, il che dimostra che in questa sperienza il consumo non è così considerevole come lo ha valutato Couplet; che per conseguenza si possono dedurre da questo rapporto delle conseguenze per la pratica, assai più verosimili delle sue.

1236. Riguardo alla seconda sperienza fatta sotto un battente di 21 pollici, la caduta di cacciata si è trovata 24 piedi e 4 pollici, la cui velocità ogni secondo è di 38 piedi 2 pollici e 6 linee; e la caduta di fuga essendo ancora di 22 piedi e 7 pollici, per conseguenza capace di una velocità di 36 piedi 9 pollici ed 8 linee, come nel caso precedente, la differenza di queste due velocità dà 1 piede 4 pollici e 10 linee ogni secondo, ovvero 84 piedi e 4 pollici ogni minuto per quella che avrebbe dovuto aver l'acqua nel tubo, che essendo ancora moltiplicata per 16, dà circa 1349 piedi per l'altezza della colonna di un pollice di diametro, che esprime la dispensa naturale, il cui peso è di 516 libbre equivalenti a 258 pinte che divise per $\frac{40}{3}$ danno 19 pollici e $\frac{7}{20}$ per la dispensa naturale in vece di 4 pollici trovati con questa seconda sperienza; quindi il rapporto della dispensa effettiva alla naturale è presso a poco $\frac{5}{24}$.

1237. Nella terza sperienza il batteute era di 31 pollici; per conseguenza la caduta di cacciata era 25 piedi e 2 pollici, che corrispondono ad una velocità di 38 piedi 10 pollici e 2 linee ogni secondo; e siccome la caduta della cacciata era ancora la stessa come nelle due sperienze precedenti, e per conseguenza la sua velocità di 36 piedi e 9 pollici ed 8 linee, la differenza di queste due velocità si trova di 2 pollici e 6 linee ogni secondo, o di 122 piedi e 6 pollici ogni minuto, che essendo moltiplicata per 16, dà 1960 piedi per l'altezza della colonna d'acqua di un pollice di diametro che esprime la dispensa naturale e il cui peso si trova di 750 libbre; valendo 375 pinte d'acqua, o pollici 28 1/8 di acqua invece di pollici 5 $\frac{5}{12}$ trovati dall' esperienza; quindi il rapporto fra la dispensa effettiva e la naturale è presso a poco 1/5. Se la dispensa effettiva della seconda o terza sperienza si trova più distante dalla dispensa naturale che nella prima, ciò proviene da questo, che la velocità dell'acqua del tubo in queste due ultime sperienze essendo più che doppia di quella della prima, doveva secondo l'articolo 1219 impedire che le parti dell'acqua rinchiusa nel tubo discendente non fossero così contigue, ovvero, ciò che è lo stesso, che la forza relativa della colonna di cacciata non si avvicinasse egualmente alla forza assoluta su cui abbiamo computato nei nostri calcoli: o

la considereremo come se agisse pienamente, la quale è una supposizione che si può ammettere rigorosamente, mentre a tale effetto bisognerebbe che la velocità dell' acqua nel tubo discendente fosse nulla o insensibile; d'onde segue che i consumi cagionati dall' attrito devono essere ancora meno di quelli che troviamo coi calcoli stessi.

1238. » Il secondo profilo è quello di un condotto di ferro di 6 pol-
» lici di diametro, continua Couplet, che è stato sostituito al condotto di
» ferro di 4 pollici da noi riportato nel profilo figura 3, e che attualmente
» conduce l'acqua dal serbatojo di piazza Delfina alle picciole scuderie di
» Versailles ».

» Z A è il serbatojo di Piazza Delfina e lo stesso del profilo precedente
» che nel suo fondo ha una valvola A di 6 pollici di diametro a cui
» s'imbocca un tubo discendente A D di piombo e dello stesso diametro
» di 6 pollici, e situato verticalmente nella lunghezza di 23 piedi e 4 pol-
» lici; che è la stessa come nel profilo precedente.

» Questo tubo A D fa un gomito in D in cui si rotonda imboccandosi
» con lo stesso condotto che s'innalza per un declivio D F di 87 tese 5
» piedi e 9 pollici di lunghezza per un' altezza verticale E D di 10 piedi
» e 10 pollici.

» Dal punto F essa continua a salire fino in N per un declivio più
» dolce F N di 192 tese e 6 pollici per un' altezza verticale F H di 5 piedi
» e 5 pollici; finalmente dal punto N si piega e s'innalza per un tubo
» verticale N O R di piombo di 9 piedi 2 pollici e 6 linee di lunghezza
» ascendente al serbatojo delle dette picciole scuderie in cui entra pel suo
» fondo.

» Abbiamo dunque questo condotto di ferro D F N di 280 tese e 3
» pollici, a cui aggiugnendo il tubo discendente A D di 23 piedi e 4 pol-
» lici, più il tubo ascendente N O R di 9 piedi 2 pollici e 6 linee, si avrà
» per lunghezza totale della linea di condotta A D F N O R la quantità di
» 285 tese 2 piedi 9 pollici e 6 linee.

1239. » Ecco frattanto, aggiugne Couplet, le sperienze e le osservazioni
» da noi fatte su questo condotto. Primieramente non si è data dal ser-
» batojo di piazza Delfina se non tant' acqua quanta ne occorreva per man-
» tenerla all' altezza Z, cioè in guisa che la valvola A sia sempre carica
» di 28 pollici 1/2 di altezza d'acqua.

» L'estremità del tubo ascendente alle picciole scuderie era tagliata
» orizzontalmente 3 pollici sotto il livello della superficie d'acqua in Z al
» serbatojo di piazza Delfina, come abbiamo poc' anzi osservato.

» In questo stato per l' estremità R del tubo ascendente alle picciole
» scuderie, l'acqua usciva a gola piena ed ha riempito il nostro mo-
» dulo in $\frac{23}{2}$ secondi, il che dà, come mostra la tavola, 7 pollici e 44 li-
» nee di dispensa d' acqua sotto un battente di 3 pollici cioè secondo la
» stessa tavola, 97 pinte ogni minuto ovvero 20 moggia ed 83 pinte
» in un' ora.

1240. » In secondo luogo si è tagliato il tubo ascendente N O R oriz-
» zontalmente in y a pollici 2 1/4 sotto il punto R in guisa che questo
» punto y di sezione era allora di pollici 5 1/4 sotto la superficie d'acqua
» in Z, al detto serbatojo di piazza Delfina; e per mantenere questa su-

» perficie d'acqua sempre alla stessa altezza precedente Z, ci siamo serviti » dello stesso mezzo di poc'anzi, cioè aprendo un po' più che nella pre- » cedente sperienza il rubinetto della vasca, o canale posto sotto il ser- » batojo di piazza Delfina.

» In questo stato abbiamo ricevuto nel nostro modulo tutta l'acqua » che era necessaria per mantenerla all' altezza Z nel serbatojo di » piazza Delfina, e questo si è riempito in $\frac{16}{2}$ secondi, il che dà pollici 10 1/2.

1241. » Abbiamo dunque 7 pollici e 44 linee, ovvero 1052 linee di di- » spensa d'acqua sotto un battente di 3 pollici, o 36 linee; la cui radice » quadrata è 6 linee.

» E noi abbiamo 10 pollici e 72 linee, ovvero 1512 linee di dispensa » d'acqua sotto un battente di 5 pollici 1/4 ovvero 63 linee, la cui radice » è circa 8 linee.

» Ora se queste dispense d'acqua fossero proporzionali alle radici dei » loro carichi, si avrebbe questa analogia 6 : 8 : : 1052 : 1403, mentre l'espe- » rienza ci dà 1512 linee, che è di linee 109 superiore alla dispensa che » ci darebbe il rapporto delle radici dei battenti, cioè superiore al quarto » termine 1403 della analogia antecedente.

1242. Couplet, sempre appoggiato all'esperienza di Mariotte di cui abbiamo parlato, facendo uso del rapporto delle radici quadrate dei battenti, come ha fatto nei calcoli dell'articolo 1233, trova che per un battente di 3 pollici il tubo di 6 pollici di diametro doveva dare 80 pollici d'acqua invece di 7 pollici e 1/3 circa dati dalla prima esperienza; poscia con un calcolo simile trova che il carico di 5 pollici e 3 linee doveva dare 406 a 407 pollici d'acqua invece di pollici 10 1/2 trovati con la seconda sperienza; il che forma una differenza di 396 pollici; e siccome ei l'attribuisce alla resistenza cagionata dagli attriti, termina quest'articolo col discorso seguente.

1243. » Si può considerare come un ostacolo all' efflusso delle acque » l'attrito della lastra in cui è fatto il foro ed anche aggiugnervi l'osta- » colo cagionato dalla resistenza dell'aria, tanto più che se questi ostacoli » non esistessero, le acque zampillanti dovrebbero salire fino alla superficie » superiore delle acque del serbatojo che fornisce l'acqua a questi getti; » inoltre l'errore che si fa nel tempo impiegato nel misurare le acque pur » deve influire per qualche cosa. Dunque se l'esperienza fondamentale si » trova essa stessa alterata da tutti questi ostacoli è certo che la sua alte- » razione si comunica a tutte le conseguenze che se ne vorranno dedurre; » nondimeno finora è stato impossibile far meglio malgrado tutte le attenzioni » adoperate; e ciò deve impegnare a raddoppiar le ricerche a questo ri- » guardo acciò se ne possano dedurre le regole da impiegare nella scelta » dei tubi convenienti alla quantità d'acqua che si vogliono condurre.

Osservazioni su le sperienze del secondo profilo.

1244. La caduta di cacciata del secondo profilo nel tempo della prima sperienza, era di 25 piedi 8 pollici e 6 linee, come è facile convincersene colla livellazione di Couplet; quindi la velocità corrispondente a questa caduta si trova di 39 piedi 3 pollici e 5 linee ogni secondo; e siccome il

battente allora era di 3 pollici, la caduta di fuga non era quindi che di 25 piedi, 5 pollici e 6 linee corrispondente ad una velocità di 39 piedi e 10 linee, la cui differenza con la precedente è 2 pollici e 7 linee ogni secondo, o di 12 piedi e 11 pollici per un minuto, per la velocità che aveva l'acqua nel condotto, che moltiplicato per 36, quadrato del diametro, dà 465 piedi per l'altezza della colonna d'acqua di un pollice di diametro, che esprime la dispensa; il cui peso è di 178 libbre e per conseguenza 89 pinte che diviso per $\frac{40}{3}$ dà 6 pollici d'acqua e $\frac{9}{13}$ circa invece di pollici 7 1/3 trovati con la prima sperienza.

Se si paragona la dispensa effettiva con la dispensa naturale che abbiam trovato, vedrassi che presso a poco è nel rapporto di 12 ad 11, il che dimostra che la seconda contro ogni apparenza è di un dodicesimo minore della prima, il che è impossibile; quindi v'è tutto il fondamento di credere che vi sia stato dell'errore nella misura del tempo impiegato a fare tale sperienza che non è durata che $\frac{13}{2}$ secondi; ma siccome potrebbe anche essere avvenuto che ne fossero trascorsi $\frac{25}{2}$ o $\frac{26}{2}$ per la difficoltà di misurare esattamente un tempo così breve, allora colla tavola di Couplet si sarebbe trovato che la dispensa non doveva essere che di 6 pollici e 2/3 o di 6 pollici 1/2; perocchè, come esserva molto a proposito Couplet (1243), *se l'esperienza fondamentale si trova difettosa essa stessa* per qualche errore principalmente nel tempo del zampillo delle acque, è certo che questo difetto si deve comunicare a tutte le conseguenze che se ne vorranno dedurre: perciò sembra che Couplet avrebbe dovuto servirsi di un modulo che contenesse assai più di 18 pinte. D'altronde ecco il solo caso in cui la dispensa naturale trovata dai nostri calcoli si trova inferiore alla dispensa effettiva, succedendo il contrario per tutte le altre sperienze di cui ci resta a parlare; il che sembra bastante per autorizzare la ragione da me data.

1245. Riguardo alla seconda sperienza su lo stesso condotto di 6 pollici di diametro, la caduta di fuga era ancora di 25 piedi 8 pollici e 6 linee come nel primo; per conseguenza la sua velocità corrispondente di 39 piedi 3 pollici e 5 linee, invece che la caduta di fuga non era che di 25 piedi 3 pollici e 3 linee, poichè il battente era di 5 pollici e 3 linee (1240); e siccome questa seconda caduta corrisponde ad una velocità di 38 piedi 11 pollici e 3 linee, la cui differenza con la precedente è di 4 pollici e 2 linee, vedesi che la velocità dell'acqua nel condotto avrebbe dovuto essere di 20 piedi e 10 pollici ogni minuto se non vi fossero ostacoli, che moltiplicata per 36, dà 747 piedi per l'altezza della colonna di un pollice di diametro che questo condotto avrebbe dovuto dispensare ogni minuto, il cui peso è di 286 libbre equivalenti a 143 pinte, che divise per $\frac{40}{3}$ danno 10 pollici e 3/4 di acqua invece di pollici 10 1/2 dati dalla seconda sperienza, o di 407 pollici secondo il calcolo di Couplet (1242). Quindi si vede che la dispensa effettiva sta alla naturale, presso a poco come 42 a 43.

Se s'incontra una si grande conformità fra la dispensa effettiva di

questa seconda sperienza, e quella cha abbiam trovata col nostro calcolo sembra che ciò provenga da quattro essenziali ragioni. La prima che il condotto non fa che un gomito insensibile, mentre nel primo profilo ve n'erano molti accompagnati da una caduta che doveva ritardar di molto la velocità dell'acqua. La seconda che supponendo le velocità eguali, l'attrito od il consumo era minore in questo secondo tubo che nel primo, nel rapporto reciproco dei diametri, e per conseguenza come 2 à 3 (493). Terzo, che la velocità dell'acqua in questo condutto non essendo che di 4 pollici e 2 linee ogni secondo, gli attriti non debbono ritardare se non poco la velocità naturale dell'acqua, poichè le perdite cagionate dagli attriti sono nella ragione della velocità dell'acqua (497) o delle dispense naturali. Quarto che per la stessa ragione della poca velocità dell'acqua nel condotto, quella che era chiusa nel tubo di cacciata non discendendo che lentamente, la forza per la quale essa agiva non differiva dalla forza assoluta su cui abbiamo computato nel nostro calcolo, al che si può anche aggiugnere che potrebbe essere incorso un errore opposto al precedente nella stima del tempo, cioè che invece d'impiegare 16 mezzi secondi non ne fossero scorsi che 15; allora si sarebbero trovati pollici $11\frac{5}{24}$ in luogo di 10 1/2.

1246. » Il terzo profilo (continua Couplet) è quello di un condotto » che porta le acque dal castello quadrato presso S. Agostino nel serbatojo » di distribuzione di piazza Delfina.

» B C A F H, fig. 5, è il castello quadrato verso S. Antonio; esso riceve le sue acque da Bailly e dal Chesnay; cioè quelle di Bailly per » l'apertura del tubo B, e quelle di Chesnay dall'apertura del tubo C.

» A è uno scaricatore sul fondo del castello quadrato ed H è uno » sfioratore della superficie di esso, il quale sfioratore è di 16 pollici e 9 » linee sotto la tavoletta o margine superiore del detto castello.

» Dal di sopra di questa tavoletta si è condotto il livello o la linea » orizzontale xy fino al margine superiore del serbatojo di Piazza Delfina e questa tavoletta si è trovata 3 piedi ed 11 pollici più alta del- » l'orlo superiore del detto serbatojo di distribuzione nel quale le acque » entrano pel fondo, ovvero, il che è lo stesso, 3 piedi e 6 pollici più alta » della parte superiore L del tubo ascendente al canaletto di Piazza Delfina, » il qual orlo superiore L del tubo ascendente per cui esce l'acqua a » gola piena, essendo di 5 pollici di sotto del margine superiore del detto » serbatojo di distribuzione di Piazza Delfina, il tubo B si trova al castello » quadrato per 1 piede 6 pollici e 6 linee sotto la tavoletta di questo » serbatojo e il tubo C si trova 2 piedi 7 pollici e 9 linee sotto questa » stessa tavoletta. Queste distanze sono prese dal margine superiore di » questa tavoletta fino alla parte inferiore dell'apertura di detto tubo, » che ha la sua sezione verticale in questo luogo in cui s'imbocca in P » col serbatojo.

» Al punto F è l'imboccatura del tubo di condotta che riceve le » acque del detto castello quadrato per portarle al serbatojo di piazza » Delfina, e quest'imboccatura presa sopra la tavoletta di questo serbatojo quadrato fino alla parte inferiore del condotto, è di 23 piedi sotto » questa tavoletta.

» In tal guisa questo serbatojo essendo pieno fino al punto H di sca-

» rico di superficie allora il punto F del condotto è caricato di tutta l'al-
» tezza d'acqua FH che in questo caso è di 2 piedi 1 pollice e 3 linee.

» Questo condotto è di arenaria nel suo principio per la lunghezza
» F E di circa 56 tese e tutto il restante di piombo. Questo condotto
» discende dal serbatojo per un declivio F E I di 163 tese e 4 piedi fa-
» cendo in questo tragitto due piccioli gomiti quasi insensibili ed avendo
» per la sua verticale altezza I L, 31 piedi e 6 pollici.

» Dal punto I esso continua a discendere per un pendio I M di 192
» tese 3 piedi, facendo in questa lunghezza I M varj gomiti poco consi-
» derevoli ed avendo la sua altezza verticale D G di 3 piedi e 3 pollici.

» Poscia dal punto M essa continua a discendere per un pendio più
» dolce M D di 80 tese avendo la sua altezza verticale D G di 3 piedi
» e 3 pollici.

» Quindi dal punto D, esso s'innalza per un'ascesa D G di 131 tese
» e 4 piedi facendo in tutta questa lunghezza una curva concava, la cui
» altezza verticale D P è di 26 piedi.

» Dal punto O esso continua a salire, ma per un pendio più dolce
» O Q di 74 tese, avendo la sua verticale altezza O R di 6 piedi e 9
» pollici; poscia dal punto Q essa torna a discendere per un declivio
» Q S di tese 71, avente la sua verticale altezza S T di 11 piedi e 3
» pollici.

» Dal punto S esso continua a discendere per un pendio più dolce
» S V di 90 tese e 3 piedi, avendo la sua altezza verticale V *u* di 2 piedi;
» d'onde vedesi che questo punto V è circa 6 tese e 3 piedi più basso
» che il punto F dell'imboccatura del condotto.

» Poscia dal punto V esso risale per un pendio V Z K di 169 tese
» e 4 piedi con un'altezza verticale V *q* di 1 piede e 3 pollici.

» Dal punto K esso continua a salire per un'ascesa K *p* di 79 tese
» con un'altezza verticale K *r* di 10 piedi e 2 pollici.

» Dal punto P continua sulla linea orizzontale *pm* di 112 tese.

» Finalmente dal punto *m* esso s'innalza incurvandosi e formando il
» tubo ascendente e verticale *mnl* di 25 piedi e 7 pollici, e pel punto
» *l*, che è l'estremità del condotto tagliata orizzontalmente, l'acqua esce
» a tubo pieno nel serbatojo di distribuzione di piazza Delfina.

» Noi dunque abbiamo la lunghezza totale della linea di condotta
» F E I M D O Q S V Z K *pmnl* di 1170 tese 1 piede e 7 pollici e la lun-
» ghezza orizzontale espressa da *xy* di 1163 a 1164 tese circa.

» Da tutti questi livelli concludiamo che la tavoletta, o ciò che è
» lo stesso, il margine superiore del serbatojo quadrato che è 3 piedi al
» di sopra della parte inferiore F dell'imboccatura del condotto, è di 3
» piedi e 6 pollici più alto del punto L di uscita dello stesso condotto
» al serbatojo di distribuzione di piazza Delfina.

» E siccome il margine superiore di questo serbatojo di distribuzione
» di piazza Delfina è di 5 pollici più basso dell'estremità *l* di uscita del
» detto tubo *mnl*, ne segue che la tavoletta del serbatojo quadrato, sarà
» egualmente più alta del serbatojo di distribuzione di piazza Delfina di
» 3 piedi ed 11 pollici.

» Questo livello è stato confermato dall'acqua stessa che è stata
» messa in equilibrio nel castello quadrato e nel serbatojo di piazza Del-

» fina per mezzo di un tubo che si è adattato al tubo *m n l* nel punto *l*
» dello stesso diametro di 5 pollici.

» Dopo ciò avendo mantenuto nel castello quadrato la superficie del-
» l' acqua ad otto pollici e 7 linee sotto la parte superiore della tavoletta,
» abbiamo osservato che allora l'acqua è salita nel serbatojo di piazza Del-
» fina a 2 piedi 9 pollici e 5 linee sul punto *l* nel tubo ascendente che
» si era adattato a tale uopo.

» D'onde si vede che quest'altezza di 2 piedi, 9 pollici e 5 linee con
» gli 8 pollici e 7 linee di cui la superficie dell'acqua era inferiore alla
» tavoletta nel serbatojo quadrato, ci dà come poc' anzi 3 piedi e
» 6 pollici, d'onde la tavoletta del serbatojo quadrato supera l'estremità L
» del tubo ascendente nel serbatojo di piazza Delfina, oppure si avranno
» 3 piedi ed 11 pollici di cui questa stessa tavoletta del serbatojo qua-
» drato è più elevata che non l'orlo superiore del serbatojo di distribu-
» zione di piazza Delfina, come poc' anzi abbiam già trovato. Ecco le
» sperienze da noi fatte su questo condotto.

1247. « Primieramente l'acqua essendo nel serbatojo quadrato 17 pollici al
» disotto della sua tavoletta, e sboccando allora a piena gola pel punto L
» di uscita al serbatojo di piazza Delfina, che al solito era di 3 piedi 1/2
» o 42 pollici sotto il livello di questa stessa tavoletta del serbatojo qua-
» drato, il che fa 25 pollici di battenti, si è ricevuta pei due robinetti
» tutta l'acqua che usciva, ed uno di questi robinetti empiva il nostro mo-
» dulo in $\frac{30}{2}$ secondi, il che dà come vedesi nella tavola, una dispensa
» di 5 pollici ed 86 linee d' acqua, e l' altro robinetto lo empiva in $\frac{40}{2}$
» secondi, il che dà 4 pollici e 29 linee d'acqua di efflusso. Tutta la
» quantità d'acqua che usciva allora per questi due robinetti presi insieme
» e sotto un battente di 25 pollici d'altezza d'acqua, era dunque di 9 pol-
» lici e 115 linee.

1248. » In secondo luogo, dopo aver accomodato un tubo ascendente
» di 5 pollici di diametro su quello del serbatojo di piazza Delfina in *l*,
» che è pure dello stesso diametro di 5 pollici, come abbiamo detto
» poc' anzi, e l' acqua essendo nel serbatojo quadrato a 9 pollici sotto la
» tavoletta, e il tubo ascendente al serbatojo di piazza Delfina essendo
» tagliato a 14 pollici e 7 linee sotto il livello della detta tovoletta del
» serbatojo quadrato, il che dà 5 pollici e 7 linee di battente, allora il
» nostro modulo si è riempito per uno dei suddetti robinetti in $\frac{65}{2}$
» secondi, il che dà 2 pollici ed 84 linee d'acqua, e pel secondo robi-
» netto in $\frac{15}{2}$ o secondi, il che dà 1 pollice e 17 linee, quindi tutta la
» quantità d' acqua che usciva allora da questi due robinetti presi insieme
» sotto un battente di 8 pollici e 7 linee di altezza d'acqua, era di 3 pol-
» lici e 101 linee.

1249. » In terzo luogo la superficie dell' acqua essendo nel serbatojo
» quadrato a 9 pollici 1/4 sotto la sua tavoletta, e il tubo ascendente al
» serbatojo di piazza Delfina essendo tagliato a 20 pollici e 7 linee sotto
» la stessa tavoletta il che dà 11 pollici e 4 linee di battente; allora il

» nostro modello si è riempito per uno de' suoi robinetti in $\frac{46}{2}$ secondi, e » coll' altro in $\frac{78}{2}$ secondi, il che nella tavola dà 3 pollici, 94 linee e 2 » pollici e 22 linee, quindi la dispensa di questi due robinetti presi in- » sieme è 5 pollici e 116 linee sotto un battente di pollici 11 1/3.

1250. » Quarto, la superficie dell'acqua essendo nel serbatojo quadrato » a 9 pollici e 10 linee sotto la tavoletta, e il tubo ascendente al serba- » tojo di piazza Delfina essendo tagliato a 26 pollici e 7 linee sotto la » linea di livello di questa stessa tavoletta il che dà 16 pollici e 9 linee » di battente; allora il nostro modulo si è riempito per uno dei due » robinetti in $\frac{32}{2}$ secondi, e per l' altro in $\frac{55}{2}$ secondi; il che dà nella » tavola 4 pollici e 78 linee, e 3 pollici ed 8 linee per le quantità ef- » flusse, che tutte due insieme danno 7 pollici ed 86 linee d'acqua sotto » un battente di 16 pollici e 9 linee e con una gola piena di 5 pollici » di diametro.

1251. » Quinto, la superficie dell' acqua essendo nel serbatojo quadrato » ad 11 pollici 1/2 sotto la sua tavoletta, e il tubo ascendente al serba- » tojo di piazza Delfina essendo tagliato orizzontalmente (come in tutte le » precedenti sezioni) a 32 pollici e 7 linee sotto la linea di livello della » parte superiore della tavoletta del serbatojo quadrato, il che dà 21 pollici » ed una linea di battente, allora il nostro modulo si è riempito per » uno dei robinetti in $\frac{31}{2}$ secondi, e per l' altro in $\frac{49}{2}$ secondi; il che dà » nella tavola 5 pollici e 60 linee, e 3 pollici e 62 linee per le quantità » d' acqua efflussa che tutte e due insieme danno 8 pollici e 122 linee » di dispensa d' acqua sotto un battente di 21 pollici ed 1 linea di altezza » d' acqua.

1252. » Sesto, essendo l' acqua nel serbatojo quadrato a 14 pollici e 7 » linee sotto la tavoletta, e il tubo ascendente al serbatojo di piazza Del- » fina essendo tagliato a 38 pollici e 7 linee sotto la linea di livello sopra » questa stessa tavoletta, il che dà 24 pollici di battente; allora il nostro » modulo si è riempito per questi due robinetti stessi rispettivamente in $\frac{30}{2}$ se- » condi ed in $\frac{42}{2}$ secondi; che dà nella tavola pollici 5 e linee 86, e 4 » pollici d' acqua per le quantità sgorgate, che prese tutte e due in- » sieme danno 9 pollici ed 86 linee di dispensa a gola piena sotto un » battente di 24 pollici.

» Settimo, l' acqua essendo nel serbatojo quadrato a 17 pollici sotto » la tavoletta, ed il tubo ascendente al serbatojo di piazza Delfina es- » sendo tagliato o rimesso come al solito a 3 piedi 1/2, o 42 pollici sotto » la linea di livello della superficie di questa stessa tavoletta, il che » dà 25 pollici di battente sotto il quale l' acqua usciva a gola piena » da 5 pollici di diametro e si scaricava nella vasca a cui sono sal- » dati i due robinetti; per uno di questi il nostro modulo si è riem- » pito in $\frac{30}{2}$ secondi e per l' altro in $\frac{42}{2}$ secondi, come nella prima spe-

» rienza, il che dà per dispensa totale, come si vede nella Tavola, 9 pol-
» lici e 115 linee sotto 25 pollici di carico per un tubo di 5 pollici di
» battente da un tubo di 5 pollici di diametro.

1253. » Vedesi nella nostra seconda sperienza che la superficie dell'ac-
» qua essendo nel serbatojo quadrato a 9 pollici sotto la linea di livello x, y,
» e che il tubo ascendente al serbatojo di piazza Delfina, essendo di 14
» pollici e 7 linee sotto questa linea x, y, il che dà 5 pollici e 7 linee
» di battente, allora il condotto FEIMDOQSVZK$pmnl$, di 1168 a
» 1169 tese non dà che 3 pollici e 101 linee d'acqua scaricandosi il re-
» stante al luogo quadrato, cioè il di più di acqua avendo il suo efflusso
» altrove per uno de'scaricatoj; perocchè se si lasciasse sgorgare quest'ac-
» qua nel serbatojo, la quantità dell'efflusso o della sua dispensa aumen-
» terebbe a misura che il battente o l'altezza aumentano nel serbatojo.

» Abbiamo veduto nella terza sperienza che questo stesso condotto
» avendo 11 pollici 1/3 di carico, la sua dispensa è 5 pollici e 116 li-
» nee, e il dippiù va per isfioratore.

» Nella quarta sperienza il battente essendo di 16 pollici 1/4 la di-
» spensa è stata 7 pollici ed 86 linee, e il dippiù si sperde.

» Nella quinta sperienza, sotto un battente di 21 pollici ed una linea,
» la dispensa è stata 9 pollici e 115 linee, collo scarico del dippiù.

» Finalmente nella settima ed ultima sperienza sotto un battente di 25
» pollici la dispensa è stata di 9 pollici e 115 linee, con iscarico del dippiù.

» Bisogna anche osservare che in questa condotta di 5 pollici e di
» 1168 a 1169 tese di lunghezza, oltre i gomiti marcati nel profilo, essa
» forma pure molte sinuosità orizzontali ma molte rotondate e di ampio
» raggio, il che in questo caso non deve aumentar molto l'attrito.

Osservazioni su le sperienze appartenenti al terzo profilo.

1254. Nella prima sperienza, la caduta di cacciata era di 78 piedi e 7 pollici la quale corrisponde ad una velocità di 68 piedi 7 pollici e 6 linee; e siccome il battente era di 25 pollici o di 2 piedi ed 1 pollice, la caduta di cacciata era dunque di 76 piedi e 6 pollici, la cui velocità corrispondente è di 77 piedi e 9 pollici, che essendo sottratta dalla precedente, rimangono 10 pollici e 6 linee per la velocità dell'acqua ogni secondo; o 52 piedi e 6 pollici per ogni minuto, che essendo moltiplicato per 25, quadrato del diametro del tubo, si avrà l'altezza della colonna d'acqua che esprime la dispensa naturale, il cui peso è di 502 libbre equivalenti a 251 pinte, che essendo diviso per $\frac{40}{3}$ dà circa 18 3/4 d'acqua, invece di 9 pollici e 4/5 trovati con la prima sperienza, o di 160 pollici che dà il calcolo di Couplet. Il rapporto della dispensa naturale all'effettiva può essere espresso da 25/48 o da 1/2.

1255. Nella seconda sperienza per lo stesso condotto di 5 pollici, la caduta di cacciata, ossia la colonna premente, era di 79 piedi e 3 pollici, che corrisponde ad una velocità di 68 piedi 11 pollici e 6 linee; e siccome il battente era di 5 pollici e 7 linee, la caduta di fuga si è trovata di 78 piedi 9 pollici e 5 linee, la cui velocità corrispondente è di 68 piedi 8 pollici e 10 linee; quindi la differenza con la precedente è di 2 pollici ed 8 linee per la

velocità dell'acqua ogni secondo, o di 13 pollici 1/3 ogni minuto, che moltiplicato per 25 dà circa 333 piedi per l'altezza della colonna di dispensa il cui peso è di libbre 127 1/2 che diviso per 2, ond' avere delle pinte, ed il quoziente per $\frac{40}{3}$, dà 4 pollici d'acqua a 3/4 circa invece di 3 pollici e 5/7 trovati coll'esperienza; quindi il rapporto della dispensa effettiva alla dispensa naturale può essere espresso da $\frac{104}{133}$, o da 5/6.

1256. Nella terza sperienza la caduta di cacciata era di 79 piedi 2 pollici e 9 linee, la quale corrisponde ad una velocità di 68 piedi 11 pollici e 3 linee; e siccome il battente era di 11 pollici e 4 linee, la caduta di fuga era dunque di 78 piedi 3 pollici e 5 linee, la quale corrisponde ad una velocità di 68 piedi 6 pollici e 3 linee, la cui differenza con la precedente è di 5 pollici per la velocità dell'acqua ogni secondo.

Siccome le dispense naturali di uno stesso condotto sono in ragione delle velocità dell'acqua sotto diversi battenti, per abbreviare il calcolo si può dire: se 2 piedi ed 8 pollici, ovvero 8/3 di piedi, velocità dell'acqua corrispondente ad un battente di 5 pollici e 7 linee, danno 4/3 di pollici d'acqua, quanto darà la velocità di 5 pollici; si troveranno pollici d'acqua 8 $\frac{29}{32}$ per la dispensa naturale del carico di 11 pollici e 4 linee invece di 5 5/6 dati dalla terza sperienza; quindi il rapporto della dispensa effettiva alla dispensa naturale sarà espresso da $\frac{112}{171}$, o presso a poco $\frac{11}{17}$.

Couplet parlando di questa terza sperienza (1249) fa menzione di due robinetti per cui l'acqua sgorgava nel modulo, cosicchè non è stata ricevuta a gola piena: ora siccome l'attrito cagionato dai robinetti ha dovuto ritardare la velocità dell'acqua, non v'ha dubbio che non siasi impiegato più tempo che non ne avrebbe abbisognato per ricevere la stessa quantità d'acqua immediatamente all'uscita del tubo; d'onde segue che la dispensa effettiva dovrebbe essere alquanto al di sopra di pollici 5 5/6, la quale è una circostanza di cui non faccio menzione che per entrare nelle viste di Couplet su l'esattezza indispensabile nelle sperienze di questa specie che dalla più piccola negligenza possono essere alterate.

1257. Nella quarta sperienza la caduta di fuga era di 79 piedi 2 pollici e 2 linee che corrisponde ad una velocità di 68 piedi e 2 pollici; e siccome il carico era di 16 pollici e 9 linee la caduta di cacciata era dunque di 77 piedi 9 pollici e 5 linee la cui velocità corrispondente è di 78 piedi 3 pollici e 6 linee, che sottratta dalla precedente, dà 7 pollici e 6 linee per la velocità dell'acqua ogni secondo; quindi si troverà la dispensa naturale dicendo: se 5 pollici, velocità dell'acqua, danno pollici 8 $\frac{29}{32}$ d'acqua per una caduta di 11 pollici e 4 linee nella terza sperienza, quante ne daranno pollici 7 1/2 velocità naturale dell'acqua per un battente di 16 pollici e 9 linee; si troveranno pollici d'acqua 13 3/8 invece di 7 7/12 trovati dall'esperienza; quindi il rapporto della dispensa effettiva alla dispensa naturale potrà essere espresso all'incirca da 9/16.

1258. Nella quinta sperienza la caduta di fuga era di 79 piedi e 6 linee,

la cui velocità corrispondente è di 68 piedi e 10 pollici; e siccome il battente era di 21 pollici ed una linea, la caduta di fuga si è dunque trovata di 77 piedi 3 pollici e 5 linee, la quale corrisponde ad una velocità di 68 piedi ed 1 pollice; quindi la differenza con la precedente è di 9 pollici per la velocità naturale dell' acqua ogni secondo.

Per trovare la dispensa relativa a questa velocità dirassi: se piedi 7 1/2, velocità naturale dell'acqua sotto un battente di pollici 16 3/4, hanno dato pollici 13 3/8 d' acqua, che daranno 9 pollici, velocità dell' acqua, per la dispensa naturale relativa alla quinta sperienza, e si avranno pollici d' acqua 16 1/20 invece di pollici 8 5/6 trovati con la stessa sperienza, il che dà 5/9 circa pel rapporto della dispensa effettiva alla naturale.

1259. Nella stessa sperienza la caduta di cacciata era di 78 piedi 9 pollici e 5 linee relativa ad una velocità di 68 piedi e 9 pollici; e siccome il battente era di 24 pollici, la caduta di cacciata si è trovata 76 piedi 9 pollici e 5 linee la cui velocità corrispondente è di 67 piedi 10 pollici e 6 linee; quindi la differenza con la precedente si trova 10 pollici e 6 linee per la velocità naturale dell' acqua ogni secondo; e siccome risulta la stessa di quella che abbiam trovato (254) col calcolo da noi fatto relativamente alla prima sperienza, e trattasi dello stesso tubo, la dispensa sarà dunque ancora di pollici 18 3/4 d' acqua invece di pollici 9 4/5 o di 9 pollici e 115 linee che Couplet trovò nella prima sperienza, mentre non trova che 9 pollici ed 86 linee nella sesta; il che produce una differenza di 29 linee che non può procedere se non dalla misura del tempo che si sarà valutato un po' più grande che non era effettivamente, poichè le velocità naturali essendo eguali in queste due sperienze, debbono esserlo anche le relative: in quanto alla dispensa che Couplet trova co' suoi calcoli per quest' ultima sperienza, la valuta 157 pollici mentre ne ha trovato 160 per carico di 25 pollici che corrisponde alla prima.

1260. Non dico nulla della settima sperienza, la quale non è se non una ripetizione della prima, poichè il battente essendo ancora di 25 pollici e le cadute di cacciata e di fuga come nella prima, così Couplet ha trovato nell'una e nell'altra la stessa dispensa di 9 pollici e 115 linee. Del resto ecco il raziocinio di Couplet sul 4.° profilo.

1261. » Il quarto profilo è quello del terreno di cinque condotti di ferro, » due de' quali sono di 18 pollici di diametro, e i tre altri sono di un » piede, tutti cinque ricevono le acque del quadrato dei due serbatoj della » Altura di Montboron situata sopra Versailles e sulla sinistra della strada » da Versailles a Parigi e le portano al serbatojo del castello d'acqua si- » tuato nella strada Bons-Enfans, contro il corpo di guardia degli Svizzeri.

» Siccome tutti questi condotti hanno lo stesso profilo e lo stesso » battente ci appagheremo di quello di 18 pollici in cui l'altezza del qua- » drato de' serbatoj è indicata dalla lunghezza A B C, figura 6.

» Nel fondo C di questo serbatojo è una valvola di 2 piedi di dia- » metro a cui s' imbocca il condotto di 18 pollici.

» Questo condotto discende secondo la lunghezza C D E F di 197 tese » facendo in questa lunghezza due piccioli gomiti rotondati e poco con- » siderevoli in D ed in E ed avendo l' altezza verticale F G, terminata » dalla linea orizzontale C G, ed il punto F preso sopra il condotto stesso » di 65 piedi.

» Dal punto F esso continua a discendere ma per un declivio molto » più dolce, seguendo la linea F H di 297 tese, avente la sua verticale » altezza H I di 67 piedi e 9 pollici.

» Quindi dal punto H risale per un pendio H L di 149 tese, avente » l'altezza verticale H M di 18 piedi e 9 pollici.

» Finalmente dal punto L ove questo condotto si piega, essa sale » verticalmente fino in N per scaricarsi nel serbatojo del castello d'acqua. » Il tubo ascendente L N è di piombo in questo luogo soltanto, e di 53 » piedi 10 pollici e 9 linee di altezza, e per conseguenza questo punto N, » figura 6, per dove si scarica il condotto a piena gola, è di un pollice e » 3 linee sotto il punto C che è il piano sfiorante al di sopra della val» vola o il fondo del quadrato della Altura di Montboron.

» Noi dunque abbiamo questo condotto totale C D E F H L N di circa » 600 tese di lunghezza, che ha la sua imboccatura elevata sopra il suo » sbocco N di un pollice e 3 linee soltanto; il che si è fatto per conser» vare al serbatojo del castello d'acqua la maggiore altezza possibile; e » questo serbatojo è quello che dà a Versailles i più bei getti.

1262. » Dopo questo dettaglio ecco (continua Couplet) le sperienze da » noi fatte sul condotto di ferro di 18 pollici marcato nel profilo. Primie» ramente bisogna osservare, come abbiamo detto poc'anzi, che il di sopra » delle valvole, come C, che sono al fondo del quadrato del serbatojo » della Altura di Montboron, è più alto di un pollice 1/4 che l'estremità » N dell' uscita del tubo al serbatojo del castello d'acqua in cui si scaricano » a gola piena, d'onde vedesi che quando queste valvole si trovano caricate » per 12 piedi di altezza d'acqua, come per esempio, di tutta l'altezza C B, » allora si può dire che l' acqua che esce da questa gola V è caricata di 12 » piedi un pollice e 1/4, e le nostre sperienze si sono fatte con questo carico » d'acqua.

» Bisogna anche osservare che il serbatojo O P Q R del castello d'acqua » avente il suo fondo P Q caricato di 7 piedi di altezza d' acqua contiene » 34880 piedi cubici, o 4360 moggia, misura di Parigi, ciascuno di pinte » 288 di 48 pollici cubici.

1263. » Con queste cognizioni abbiamo lasciato scolar l'acqua da questo » condotto di 18 pollici di diametro ed ha fornito nel serbatojo del castello » d' acqua 10 pollici di altezza d' acqua o moggia 519 $\frac{1}{22}$ in 12 minuti di » tempo, il che fa 43 moggia $\frac{166}{663}$ ovvero 12456 pinte $\frac{24}{221}$ ogni minuto, avendo » sempre lo stesso carico di 12 piedi, 1 pollice e 1/4.

» Quindi dividendo questa quantità, 1245 pinte $\frac{24}{221}$, per pinte 13 1/3, » che secondo quanto si è stabilito, è la dispensa di 1 pollice d'acqua per » ogni minuto, avremo al quoziente 934 pollici $\frac{46}{221}$ essendo questa fra» zione, tra $\frac{6}{221}$ e $\frac{30}{144}$ di pollice, o 30 linee d' acqua.

» Avremo adunque 934 pollici e 30 linee per la dispensa della nostra » condotta di 8 pollici a gola piena sotto un carico di piedi 12, pol» lici 1 1/4.

1264. » Quindi la superficie dell' acqua restando sempre la stessa in B, » al quadrato delle valvole della Altura de' Montboron, si è aperta la valvola di 2 piedi che appartiene al nostro condotto di 18 pollici, e le » tre valvole insieme di 18 pollici che appartengono ai tre condotti di » un piede di diametro per ciascheduno; questi quattro condotti hanno » fornito nel serbatojo del castello d'acqua 9 pollici di altezza d'acqua » ovvero moggia 467 1/7 in 6 minuti di tempo, il che fa a questi quattro condotti presi insieme 1681 pollici e 4/7, cioè 1681 pollici e un » po' più di 82 linee.

» Quindi sapendo che il nostro primo condotto di 18 pollici ci ha » dato poc'anzi 934 pollici e un po' meno di 30 linee, se la dispensa di » questi quattro condotti, cioè se da 1681 pollici ed 82 linee, si levano » 934 pollici e 20 linee, il residuo 747 pollici e 52 linee circa esprimerà » la dispensa dei tre condotti di un piede ciascuno, il cui terzo 249 pollici e 17 linee esprimerà la dispensa a gola piena di ciascuno di questi » tre condotti di ferro di un piede, sotto lo stesso carico di 12 piedi 1 » pollice 1/4 e circa 600 tese e più di lunghezza.

Osservazioni su le sperienze appartenenti al quarto profilo.

1265. Dopo questa esposizione Couplet trova co' suoi calcoli che la dispensa del tubo di 18 pollici, con un battente di 12 piedi 1 pollice e 3 linee avrebbe dovuto essere di 5004 pollici invece di 934 pollici, ciò che dà una differenza di 4070 pollici ogni minuto; ma soggiugne » questa differenza, quantunque considerevole, non la è ancor tanto come nelle sperienze fatte su tutti i tubi citati ove il difetto della dispensa è 23 volte » più grande della dispensa stessa (1229), mentre nella presente sperienza » che ci dà il rapporto delle radici dei battenti non è che il quintuplo » della vera dispensa data dalla sperienza stessa; il che potrebbe procedere » da ciò che l'impressiona che fa l'attrito su questa considerevole dispensa » d'acqua è meno grande di quella che fa in una picciola dispensa; il » che deve succedere poichè l'impedimento prodotto dall'attrito deve essere reciproco colle masse d'acqua che sono in moto, tanto più che » l'attrito essendo relativo alle pareti dei condotti diversi, vi deve essere » *maggior attrito in un picciol tubo che in un grande, nel rapporto dei* » *quadrati dei loro diametri.*

1266. Nelle sperienze prima e seconda, l'altezza della caduta di cacciata era di 84 piedi e 9 pollici, che corrisponde ad una velocità di 71 piedi 3 pollici ed 8 linee; e siccome il battente era di 12 piedi 1 pollice e 3 linee, la caduta di fuga era dunque di 72 piedi 7 pollici e 9 linee che corrisponde ad una velocità di 66 piedi la cui differenza con la precedente dà 5 piedi 3 pollici ed 8 linee per la velocità dell' acqua ogni secondo o 318 piedi e 4 pollici ogni minuto.

Supponendo per un momento che si tratti di una sperienza fatta con un tubo di 12 pollici di diametro, bisognerà moltiplicare 55 libbre peso di un piede cilindrico d'acqua (341) per piedi 318 1/3, velocità dell'acqua ogni minuto, si avranno 17508 libbre, ovvero 8754 pinte per la dispensa di questo tubo che essendo diviso per $\frac{40}{3}$, dà pollici 656 1/2 d'acqua in-

vece di 249 che dedusse Couplet dalle sperienze prima e seconda; che se si cerca il rapporto della dispensa effettiva alla naturale per questo condotto di 12 pollici, troverassi che può essere espressa da $\frac{7}{18}$.

1267. Siccome le dispense naturali dei condotti egualmente disposti e in cui l'acqua ha una stessa velocità sono nella ragione dei quadrati dei diametri dei tubi, ed il rapporto del quadrato di un diametro di 12 pollici al quadrato del diametro di 18, è come 4 a 9, così si potrà dire: se 4 tramanda 656 pollici e mezzo d'acqua, quanti ne tramandarà 9, e si troveranno 1477 pollici per la dispensa naturale del tubo di 18 pollici di diametro invece di 934 trovato colla prima sperienza; che se si cerca il rapporto di queste due dispense, vedrassi che può essere espresso con bastante esattezza da $\frac{7}{11}$.

Vedesi che la dispensa effettiva si avvicina molto più ad eguagliare la dispensa naturale nel condotto di 18 pollici che in quello di 12, la perdita pel primo condotto non essendo che $\frac{4}{11}$ della dispensa naturale e invece pel secondo questa perdita è $\frac{11}{18}$, il che non può succedere altrimenti, poichè rigorosamente dovrebbe esistere lo stesso rapporto fra $\frac{4}{11}$ ed $\frac{11}{18}$ come fra 12 e 18, secondo l'articolo 492; perocchè gli attriti nei condotti della stessa longhezza quando l'acqua ha la stessa velocità sono relativi alle pareti come ne conviene Couplet; perciò non avrebbe dovuto dire che doveva esservi maggior attrito in un piccolo condotto che in un grande, *nel rapporto dei quadrati del loro diametro* (1265).

1268. » Finalmente ecco la spiegazione che dà Couplet dal quinto ed ultimo profilo, di un condotto di ferro di 18 pollici di diametro, » che conduce l'acqua del quadrato de' serbatoj del parco de' cervi a quello » all'estremità dell'ala, e quindi del condotto pure di ferro di un piede » di diametro che la conduca al serbatojo di Roquancour.

» A è una valvola di 2 piedi di diametro, situata al fondo del qua» drato che riceve l'acqua da' serbatoj del parco de' cervi; e questa valvola » s'imbocca un tubo di ferro ABDFHL di 18 pollici.

» Su questo condotto al punto L s'imbocca un tubo LN di piombo » e dello stesso diametro di 18 pollici che sale e conduce l'acqua dal ser» batojo all'estremità dell'ala in cui si scarica a gola piena.

» Dopo la valvola A, questo condotto ABDFHLxN ha varie in» clinazioni e sinuosità, la prima delle quali, espressa da AB di 41 tese, » 5 piedi, 9 pollici e 6 linee, dà per la linea aAB 42 tese, 2 piedi, 3 poll. » e 3 linee, avendo l'altezza verticale BCb come è indicato sul profilo di » 21 piedi e 6 poll. compresa fra il punto inferiore B e la linea di livello » *abdfhlrqum*, che è di 7 piedi, 9 pollici e 6 linee sopra la valvola A.

» Dal punto B questo condotto continua a discendere per un pendio » più dolce BD di 165 tese 5 piedi e 6 pollici che con aAB di 42 tese » 2 piedi, 3 pollici e 2 linee, dà la lunghezza totale aABD di 208 tese, » 1 pieda, 9 pollici e 3 linee, avendo la sua altezza verticale DEd di » 29 piedi, 5 pollici e 6 linee.

» Dal punto D essa continua a discendere con una pendenza DF di

» 317 tese e 4 piedi, che con la lunghezza *a* A B D di 208 tese, 1 » piede, 9 pollici e 3 linee, dà la lunghezza totale *a* A B D F di 525 tese » 5 piedi, 9 pollici e 3 linee, avendo la sua verticale altezza F G I *f* di » 46 piedi, 2 pollici e 6 linee.

» Poi dal punto F essa risale per un pendio F H di 186 tese e 3 pie- » di, che con la lunghezza precedente di 525 tese, 5 piedi, 9 pollici e 3 » linee dà la linea totale *a* A B D F H di 712 tese, 2 piedi, 9 pollici e 3 » linee, avendo l'altezza verticale H *h* di 25 piedi e 3 pollici.

» Poscia dal punto H torna a discendere per un pendio H I di 65 tese, » che, fig. 7, con la lunghezza precedente di 712 tese, 2 piedi, 9 pollici e » 3 linee dà la linea totale *a* A B D F H I di 777 tese, 2 piedi, 9 pollici e » 3 linee, avendo la sua verticale altezza L M I di 38 piedi e 4 pollici.

» Finalmente dal punto L in cui si incurva essa s' innalza pel tubo » ascendente L *x* N di piombo di 31 piedi e 6 pollici, i quali sottratti dalla » verticale L M *l* di 38 piedi e 4 pollici, si ha per residuo 6 piedi e 10 pol- » lici, la cui gola aperta N è sotto la linea di livello dal punto *a*, al qua- » drato de' serbatoj del Parco de' Cervi; quindi si può dire che l'acqua la » quale uscirebbe dalla gola aperta N sarebbe aggravata da 6 piedi e 10 pol- » lici di altezza d' acqua quando la superficie fosse in *a*, al quadrato dei » serbatoj del Parco de' Cervi.

» Secondo lo stesso profilo, figura 5, vedesi che questo condotto » istesso *a* A B D F H L di 18 pollici s' imbocca col piede L del tubo L *x* N, » che sale al serbatojo dell'ala con un altro tubo L O P Q V Z pure di ferro, » ma soltanto di un piede di diametro internamente.

» A questo tubo, ed alquanto al di sotto della sua imboccatura in L, è » situato un robinetto di 1 piede di apertura come il suo condotto in cui è » inviluppato, in guisa che si tiene questo condotto chiuso od aperto senza » che succeda nessuna atrozzatura in questa imboccatura.

» Questo tubo di un piede continua dunque il condotto di 18 pol- » lici, e discende dal punto d' imboccatura L, fig. 7, per un pendio L O di » circa 80 tese avente la sua verticale all' altezza O R *r* di 64 piedi.

» Dal punto O esso continua a discendere per un pendio O P molto » più dolce che si piega per tutta la sua lunghezza di 398 tese, avendo » la sua convessità al basso e l' altezza verticale P S di 10 pollici e 9 linee.

» Dal punto P esso continua a discendere ma per un pendio P Q » molto più ripido di 171 tese, avendo l'altezza verticale Q T *y q* di 94 » piedi, 3 pollici e 6 linee.

» Poscia risale dal punto Q per un'ascesa Q V di 555 tese e 2 piedi, » che nella sua lunghezza forma un' infinità di piccioli gomiti, ma dol- » cissimi aventi su questa lunghezza Q V, la sua altezza verticale V *u* di » 29 piedi, 5 pollici e 6 linee.

» Finalmente dal punto V esso continua a salire, ma per un declivio » più dolce V Z di 344 tese e 2 piedi, facendo nella sua lunghezza un » gomito dolce che si rialza per circa 7 piedi, al pari della bocca aperta » Z che si rialza verso il suo fine per circa 3 piedi per scaricarsi nel ser- » batojo di Roquancour; questa lunghezza V Z ha per altezza verti- » cale Z M di 21 piedi ed 1 pollice, di cui la suddetta bocca Z tagliata » orizzontalmente è più bassa del primo punto *a*; per cui passa la linea » orizzontale *a m* ovvero *a b d f h l r q u m*.

» Dunque la superficie dell'acqua essendo nel quadrato delle valvole » de' serbatoj del Parco de' Cervi a 10 pollici sotto il punto *a*, l'acqua » che uscirebbe dalla bocca Z nel serbatojo di Roquancour, uscirebbe » con 20 piedi e 3 pollici di battente.

1269. Dopo questa spiegazione ecco il dettaglio che dà Couplet delle sperienze fatte relativamente al quinto profilo, accompagnato da alcune riflessioni che possono avere il loro vantaggio.

» Primieramente la superficie dell'acqua nello stato dell'esperienza » era al castello del serbatoj del Parco de' Cervi, 2 piedi e 2 pollici 1/2 » sotto il punto *a*; dunque l'acqua che allora usciva per la bocca aperta N, » secondo ciò che abbiam detto esaminando il quinto profilo, non era caricata che di 4 piedi, 7 pollici 1/2 d'altezza d'acqua, ed in questo » stato noi abbiam fatta l'esperienza seguente su questo tubo di 18 pollici e di 790 tese circa di lunghezza.

» Noi abbiamo osservato che avendo levato la valvola A al quadrato » della valvola del serbatojo al Parco de' Cervi, la quale allora era caricata di 5 piedi e 7 pollici, il nostro condotto di 18 pollici ha somministrato dalla sua bocca libera N, 3 pollici e 9 linee di altezza d'acqua » in un'ora di tempo sopra il fondo del serbatojo dell'ala che è di 47 » tese, 1 piede e 6 pollici di lunghezza per 14 tese, 2 piedi 3/4 di larghezza, il che produce in superficie 682 tese, 34 piedi e 57 pollici » quadrati, cioè quasi 683 tese quadrate di superficie o precisamente » 3540441 pollici quadrati di superficie, la quale moltiplicata per l'altezza » d'acqua di 3 pollici e 3/4, dà per volume 13276653 3/4 pei pollici cubici d'acqua che questo condotto di 18 pollici ha fornito in un'ora, ossia, dividendo per 60, 221277 $\frac{9}{10}$ pollici cubici in un minuto.

» Ma siccome pinte 13 1/3, o ciò che è lo stesso, 640 pollici cubici » d'acqua è la quantità che somministra ogni minuto ciò che si è chiamato un pollice d'acqua sgorgante, se si divide il numero 221277 $\frac{9}{10}$ » per 640, il quoziente ci darà 345 $\frac{4779}{6400}$, cioè 345 pollici e quasi 108 » linee per la quantità d'acqua che fornì il nostro condotto di 18 pollici » lungo circa 790 tese, e con un battente di 4 piedi, 7 pollici e 1/2.

1270. » In secondo luogo la superficie dell'acqua essendo nel quadrato delle » valvole de' serbatoj del Parco de' Cervi a 10 pollici sotto il punto *a*, » l'acqua che esce dalla bocca aperta Z al serbatojo di Roquancour aveva » 70 piedi e 3 pollici di carico d'altezza d'acqua.

» In questo stato abbiamo osservato che levata la valvola A che allora era aggravata di 6 piedi 11 pollici 1/2 di altezza d'acqua, questo » condotto di 18 pollici e di un piede, cioè di 18 pollici nella lunghezza » di circa 790 tese e di un piede nella lunghezza di circa 1550 tese, » il che fa per la lunghezza totale del condotto A B D F H L P Q V Z, » circa 2340 tese, ha fornito 168 pollici d'acqua essendoci serviti di un » moggio per modulo.

» Bisogna osservare che questo condotto non può condurre maggior quantità sotto questa pressione di acqua di piedi 20 1/4 in tale lunghezza di 2340 » tese, e nella posizione in cui si trova, poichè rigurgitava nel serbatojo dell'ala,

» benchè la bocca N del tubo ascendente al detto serbatojo dell'ala per cui » si scaricava fosse di 14 piedi 1/4 elevato sopra il livello della detta » bocca Z al serbatojo di Roquancour.

1271. Vedesi che dopo il serbatojo dell'ala il condotto di 18 pollici » forma un angolo saliente e molto elevato, e in quest'angolo elevato » l'aria vi s'incantonava immobile ed impediva o rallentava infinitamente » l'efflusso delle acque che doveva fornire questo condotto; il che ha » impegnato a porre in questo punto, come dimostra il profilo, uno sfiatatojo che in questo caso si può riguardare come necessario, il che si » riconosce da quasi tutte le sperienze, poichè è raro che l'aria non sia » di grande ostacolo nei condotti in generale. Se ne potrà convincere » con un'esperienza da noi fatta sopra un condotto di piombo di 8 pollici di diametro e di 1900 tese di lunghezza, che conduce le acque di » Roquancour al castello di Versailles nei serbatoj sotto la salita della » cappella con un declivio o altezza di 2 piedi e 6 pollici, il quale condotto non ha mai fornito con la sua bocca libera che 22 o 23 pollici » d'acqua dei 30 circa che si presentano alla sua imboccatura, egurgitando i 7 od 8 pollici di più.

1272. » Ma una cosa osservabile si è che dall'istante in cui si rilasciava l'acqua all'imboccatura di questo condotto, la quale imboccatura era pure di 8 pollici come la sua sortita; passavano circa 10 giorni » prima che ne comparisse una goccia nella sua estremità di uscita, e ciò » perchè lungo questo condotto vi erano molti gomiti elevati ne' quali » l'aria s'incantonava e d'onde non usciva che con molta fatica; il che » ha pur fatto pensare a raddolcire alcuni gomiti di questo condotto ed » a mettere degli spiragli agli angoli più elevati ove sono ancora, ed allora nel termine di 12 ore si videro uscire alcuni fili d'acqua, invece » di 10 o 12 giorni che occorrevano prima, e 5 in 6 ore dopo ne uscivano 22 ai 23 pollici, quantità massima che si può avere da tale » condotto.

» Una cosa da rimarcare si è che le cinque o sei ultime ore precedenti il più grande efflusso d'acqua o la massima dispensa di questo » condotto, passavano nell'evacuare soffi d'aria e sprazzi d'aria e di » acqua e fili d'acqua che ora sgorgavano ed ora no; il che fa anche » vedere che l'aria è un grande ostacolo nei condotti.

» Se l'acqua non avesse difficoltà a passare nei tubi di condotta la » sua dispensa sarebbe come la radice dei battenti; ma quando trova della » difficoltà a sgorgare nei tubi, la forza che fa per vincere questa difficoltà » sta come il battente stesso; bisogna dunque sapere qual è la resistenza » assoluta che l'acqua trova alla circolazione, tanto per la sua aderenza » alle pareti dei condotti quanto per gli altri ostacoli diversi qualunque; » e se l'acqua sta così lungo tempo prima di uscire dall'altra estremità » del suo condotto, come abbiamo osservato nel condotto di Roquancour.

Osservazioni sopra le sperienze appartenenti al quinto profilo.

1273. La caduta della cacciata nella prima sperienza relativa a questo profilo era di 36 piedi, 1 pollice e 6 linee, che corrisponde ad una velocità di 46 piedi, 6 pollici e 6 linee; e siccome il battente era di 4 piedi, 7

pollici e 6 linee, la caduta di fuga non era dunque che 31 piedi e 6 pollici che corrisponde ad una velocità di 43 piedi, 5 pollici ed 8 linee, la cui differenza con la precedente è 3 piedi e 10 linee per la velocità dell' acqua ogni secondo, o di 192 piedi e 6 pollici ogni minuto.

Moltiplicando questa velocità per 55 libbre, peso di un piede cilindrico d'acqua, si avranno 10587 172 lib. per la dispensa naturale di questo condotto se non avesse avuto che 12 pollici di diametro; ma siccome ne ha 18, bisogna moltiplicare questo numero per 9/4, rapporto del quadrato del diametro di 18 pollici a quello di 12 (1267), si avranno 23822 lib. d'acqua od 11911 pinte, o finalmente 893 pollici d'acqua per la dispensa che si cerca: che se si paragona la dispensa effettiva che è stata trovata di 345 pollici, vedrassi che il loro rapporto può essere espresso da $\frac{11}{18}$.

1274. In quanto alla seconda sperienza, la caduta della cacciata si è trovata di 93 piedi, 5 pollici e 6 linee; la cui velocità corrispondente è 74 piedi 10 pollici e 6 linee; e siccome il carico era di 20 piedi e 3 pollici, la caduta di fuga non era che 73 piedi, 2 pollici e 6 linee, la cui velocità relativa è 66 piedi e 3 pollici, che sottratta dalla precedente dà 8 piedi, 7 pollici e 6 linee per la velocità dell' acqua ogni secondo, ovvero 517 piedi e 6 pollici ogni minuto, che pure bisogna moltiplicare per 55 lib., e si avranno 28462 lib. per la dispensa naturale di questa condotta il cui tubo di scarico era di 12 pollici; che se si riduce questa dispensa in pollici d'acqua se ne troveranno circa 893 invece di 168 dati da questa seconda sperienza; quindi paragonando come poc' anzi la dispensa effettiva alla naturale, si troverà che il loro rapporto prossimo può essere espresso da $\frac{3}{19}$.

1275. Se la dispensa effettiva si avvicina molto più alla dispensa naturale nella prima esperienza che nella seconda, ciò proviene da varie cause molto sensibili. Nella prima, il tubo era di 18 pollici di diametro, il condotto non aveva che 790 tese di lunghezza; la velocità naturale dell' acqua non doveva essere che di 3 piedi, 10 pollici e 6 linee e non si sono incontrati che due gomiti ed una cascata, mentre nella seconda sperienza vi erano 1550 tese di condotto che non avevano che 12 pollici di diametro; la condotta era di 2340 tese; la velocità naturale dell'acqua di 18 piedi, 7 pollici e 6 linee, e in tale condotta s' incontrano nove o dieci gomiti e quattro cascate; quindi tutti questi ostacoli complicati dovevano ritardare considerevolmente la velocità dell' acqua, ed è anche sorprendente che la perdita non sia maggiore di quella che qui si prova.

Ecco ciò che mi è sembrato potersi dire di più essenziale su le sperienze di Couplet, dalle quali sarà facile dedurre delle formole pratiche applicandovi le regole da noi date nel principio di questo capo. Ho stabilito molte di queste formole nell' intenzione di riportarle in questo luogo; ma essendomi accorto che per renderle generali mi era duopo che fossi informato di alcune sperienze che non sono a portata di fare attualmente, mi sono riservato a dare queste formole al principio della seconda parte di quest' opera, con molte altre cose interessanti che serviranno di supplemento alla prima.

CAPO TERZO

DELLE MACCHINE PER ESTRARRE L'ACQUA DAI POZZI MOLTO PROFONDI E PRINCIPALMENTE DI QUELLE CHE SONO MOSSE DALL'AZIONE DEL FUOCO.

La necessità che sovente s'incontra di scavar pozzi molto profondi, avendo dato luogo all'invenzione di varie macchine per estrarre facilmente una gran quantità d'acqua ad un tempo, ne descriverò alcune cominciando da quelle che si possono movere coll'azione del fuoco.

Al principio del secondo libro (634) ho detto che gli antichi ignorarono l'arte di movere le macchine adoperando come noi l'acqua e l'aria in vece degli uomini e dei cavalli; ma restava un elemento ancora da sottoporre alle leggi della meccanica; ed a questo si è giunti al principio di questo secolo facendo uso del fuoco per innalzar pesi d'immensa gravezza, e in modo così ingegnoso, che finora non si è immaginato nulla che faccia più onore allo spirito umano.

1276. Per dire una parola dell'origine delle macchine mosse dall'azione del fuoco, sappiasi che non ne ho trovato cenno prima di Papin, dottore in medicina, professore di matematica a Marbourg, e membro della Società reale di Londra, nella prefazione di un'operetta che ha per titolo: *Nuovo modo d'innalzar l'acqua con l'azione del fuoco*, stampata a Cassel nel 1707. Riferisce l'Autore che dall'anno 1698 avea già fatto gran numero di sperienze per ordine di Sua Altezza Serenissima *Carlo Langravio d'Assia*, per tentare d'innalzar l'acqua colla forza del fuoco, ch'egli comunicò a varie persone e fra le altre a Leibnitz che gli ha risposto aver egli pure avuto lo stesso pensiero.

1277. Siccome Savery in questo tempo lavorava in Inghilterra per giugnere allo stesso fine, e pubblicava in seguito il frutto delle sue ricerche, così Papin soggiugne; « ciò che qui ne dico non è già per dar luogo a credere che » Savery, che poscia pubblicò questa invenzione a Londra, non ne sia effettivamente l'inventore. Io non dubito che tale pensiero sia venuto a lui » come ad altri senza averlo appreso d'altronde; ma ciò che ne dico è » soltanto per far vedere che il Langravio fu il primo a concepire sì utile » disegno.

» Questo lavoro essendo stato interrotto (continua Papin) sarebbe » forse rimasto nell'obblio se non fosse stato Leibnitz. che in una lettera » del 6 gennajo 1705 mi fece l'onore di chiedermi il mio parere circa la » macchina di Tommaso Savery di cui mi mandò il disegno stampato a » Londra. Benchè la sua costruzione fosse un poco diversa dalla nostra, » e non avessi la spiegazione della figura, tuttavia conobbi dapprima che

» la macchina inglese e quella di Cassel erano fondate nello stesso principio, ed ebbi l'onore di mostrarlo al Langravio: ciò fece ripigliare a S. A. S. il disegno di promovere quest' invenzione che senza dubbio era utilissima come in seguito vedrassi. Posso dunque assicurare che ha costato molto tempo, lavoro e spese per condurre la cosa alla perfezione in cui si trova al presente, e sarebbe troppo lungo dettagliare tutte le difficoltà imprevedute che s'incontrarono, e tutte le sperienze che hanno riuscito tutto al contrario di ciò che si doveva attendere; perciò mi contenterò di far vedere come ciò che abbiamo al presente sia preferibile a ciò che abbiam fatto dapprima ed a ciò che Savery fece dappoi, affinchè il pubblico non possa ingannarsi nella scelta che dovrà fare di queste diverse macchine, ed approfitti senza fatica di ciò che ne costò tanto, ed anche affinchè si veda che l' obbligo che professo per tale riguardo a S. A. S. non è semplicemente per averne formato il primo disegno, ma anche per aver superate le difficoltà delle prime esecuzioni, ed aver fatto condurre la cosa al grado di perfezione a cui è al presente.

1278. In seguito Papin dà la descrizione della macchina da lui eseguita e non dimentica nulla per metterla in pregio; ma per quanto possa dire non sarà mai tanto ingegnosa e compiuta come quella di Savery che ha il vantaggio di procurarsi da sè stessa tutti i movimenti di cui ha bisogno, senza che nessuno la tocchi, invece che l'altra non può agire senza il soccorso di molti uomini, de' quali uno almeno deve manovrare incessantemente, con tali soggezioni che rendono questa macchina così imperfetta come quella di Savery è compiuta.

1279. Mentre Papin lavorava in Germania e Savery in Inghilterra ai mezzi di far uso dell' azione del fuoco per muovere le macchine, Amontons in Francia era pure occupato dello stesso oggetto, quasi che le tre nazioni d'Europa che fecero maggior progresso nelle scienze avessero dovuto somministrare ciascheduna uno scienziato per partecipare alla gloria di una si importante scoperta.

Nella Memoria dell'Accademia Reale delle Scienze dell'anno 1699, trovasi ciò che Amontons ha scritto su tale soggetto: egli propone una ruota di mulino estremamente ingegnosa che dimostra poter essere mossa dall' azione del fuoco, fondato su un gran numero di sperienze e su ragionamenti che non lasciano verun dubbio del successo di questa ruota ch'egli chiama *mulino a fuoco*. Quando Amontons scrisse la sua Memoria sembra che fosse molto incerto se potesse riuscire a far uso dell' azione del fuoco per muovere le macchine, come se ne può giudicare dall' esposizione dell' Autore.

1280. « Tutti non sono persuasi, egli dice, che la forza impiegata dal » fuoco a produrre sorprendenti effetti possa utilmente servire a muovere » regolarmente le macchine ove si usa impiegare forze animate e regolate come quelle degli uomini e dei cavalli perchè non si conosce ancora bene » in qual modo si potesse fare tale applicazione e perchè i mezzi finora » proposti hanno sembrato aver troppo inconvenienti. Il vero si è nondimeno che non si può più mettere in dubbio, come prima dell'invenzione » dei mulini ad acqua e a vento, che il moto dell' acqua e dell'aria possano servire agli stessi usi; perchè in tali circostanze siccome tutto non

» dipende che dal trovare alcuni mezzi bastantemente semplici per renderne l'uso comodo e proficuo, l'impossibilità non è nella cosa stessa, ma soltanto nelle nostre cognizioni che non si estendono a non si accrescono se non col tempo a misura che le sperienze a l'uso giornaliero ne offrono l'occasione.

1281. Amontons essendo morto poco dopo aver esposte le sue vedute, è stato privato della soddisfazione di metterle in pratica e di sapere che Savery era giunto a trattare l'azione del fuoco con maggiore aggiustatezza ancora che non si fa quella dell'acqua o del vento, quando sono applicati alle macchine; perocchè sebbene il marchese di Worcester sia il primo in Inghilterra che abbia fatto menzione in termini intelligibili di una macchina per innalzar l'acqua per mezzo del fuoco in un picciolo trattato intitolato *Centuria d'invenzioni*, non si può contendere a Savery l'aver fatto eseguire queste specie di macchine per la prima volta nella Gran-Bretagna; il che è attestato da varie lettere che mi furono scritte in tale circostanza dai membri della Società Reale, in una delle quali si fa pur menzione di Newcomen come se avesse molto contribuito a metterla nella perfezione in cui si trova attualmente; ed una prova che questa macchina ebbe la sua origine in Inghilterra, a supera tutto ciò che a tale riguardo si è tentato in Francia ed in Germania, si è che tutte le macchine a fuoco costrutte fuori della Gran Bretagna sono state eseguite da Inglesi, come quella che s'incontra a Fresnes villaggio presso Condè, per estrarre l'acqua delle miniere di carbone che vi si trovano, ove mi sono recato più volte espressamente per mettermi in istato di darne la descrizione e gli sviluppi che non lasciassero nulla a desiderare su tutto ciò che ne forma il meccanismo e la teoria. Mi vi sono applicato con impegno tanto maggiore, in quanto che il disegno che comparve di tal macchina non essendo che una prospettiva molto imbarazzata, non ne poteva dare che un'idea confusissima, mentre le piante, i profili e gli alzati che spiegherò fanno vedere lo scopo delle più minute parti e la proporzione che deve essere fra loro; di modo che mi lusingo che anche coloro che non videro questa macchina saranno non solo in istato di giudicarne perfettamente ma anche di farla costruire in tutta la precisione che le può convenire per renderla perfetta.

1282. Le macchine a vapore essendo composte di un gran numero di pezzi diversi, fa d'uopo, per non divider troppo l'attenzione, esporre dapprima le principali soltanto onde farne vedere l'oggetto ed i legami. Sappiasi adunque che il meccanismo di questa specie di macchine dipende in generale da un bilico, una delle cui estremità corrisponde alle trombe aspiranti che innalzano l'acqua del pozzo, l'altra allo stantuffo che agisce in un cilindro.

Questo cilindro comunica con un grande lambicco di rame, l'uno e l'altro ben chiusi da ogni parte acciò l'aria esterna non vi si possa introdurre ed il fondo di questo lambicco serve di cielo ad un fornello il cui fuoco è il motore della macchina.

L'acqua che bolle nel lambicco produce un vapore che passando nel cilindro innalza lo stantuffo malgrado il peso della colonna d'aria di cui è aggravato e appena è giunto al suo più alto termine, l'effetto di un certo moto interrompe col mezzo di un diaframma chiamato *regolatore* la comunicazione della caldaja e del cilindro in cui succede istantaneamente

una injezione di acqua fredda che zampillando contro il di sotto dello stantuffo, ricade in pioggia e cundensa il vapore la cui forza si annulla; il che produce un vuoto che dà luogo alla colonna d'aria di cacciare lo stantuffo d'alto in basso per ricondurlo al punto da cui era partito; tosto il moto di cui abbiam fatta menzione agendo in senso contrario, chiude il *robinetto d'injezione*, ed apre il regolatore per lasciare al vapore la libertà d'introdursi di nuovo nel cilindro e ricominciare la stessa manovra; quindi si vede che l'azione di questa macchina dipende dall'effetto alternativo dell'acqua calda e dell'acqua fredda, unito all'azione dell'atmosfera: resta frattanto da spiegare in dettaglio la disposizione di tutti questi pezzi, e in qual modo si comunichino i loro moti diversi.

1283. Si giudicherà della forma e della situazione del bilico considerando la figura 2; vedrassi che è composto di una grossa trave A B sostenuta nel mezzo da due perni i cui registri appoggiano sopra uno dei frontoni dell'edificio che rinchiude la macchina. Le estremità di questa trave sono munite di due *quarti accanalati* C, D, (Tavola I, fig. 2), la cui curvatura ha per centro il punto d'appoggio E affinchè le catene che vi sono sospese si mantengano sempre nella stessa direzione. La prima F porta lo stantuffo del cilindro, e l'altra G l'asta che muove le trombe aspiranti per innalzar l'acqua del pozzo che si scarica nella vasca K, ov'è mantenuta sempre ad una certa altezza.

1284. Sopra una delle faccie della stessa trave sono attaccati due altri quarti simili ai precedenti, il primo dei quali H sostiene una catena L a cui termina un incastro che serve ad aprire e chiudere il robinetto d'injezione ed a muovere il diaframma che regola l'azione del vapore.

Circa il secondo quarto I, sostiene esso pure una catena O che termina al telajo N dello stantuffo di una tromba premente che innalza a 36 piedi una parte dell'acqua della vasca K, mediante un tubo ascendente in una doccia M che serve ad alimentare il robinetto d'injezione ed a molti altri usi di cui non è ancor tempo di parlare.

1285. L'apertura del pozzo è di 6 piedi in quadrato su 46 tese di profondità, ed ogni 24 piedi vi è una vasca di piombo divisa in due bacini ciascuno di 24 pollici di profondità uniti da una comunicazione la cui profondità non è che 10 pollici per altrettanti di larghezza. Al fondo di uno di questi bacini è un corpo di tromba aspirante e nell'altro si tuffa il tubo d'aspirazione della tromba superiore; tutti gli stantuffi di queste trombe hanno 7 pollici di diametro per 6 piedi di corsa, e la loro costruzione è la stessa che si è descritta negli articoli 955, 956. Le loro aste sono sospese a travicelli di 24 piedi di lunghezza, legati gli uni agli altri nel modo indicato nella figura 25, e compongono un sistema sospeso al quarto del bilico che è sopra il pozzo in fondo a cui è un serbatojo nel quale si raccolgono le acque di tutti i rigagnoli della miniera; quindi bisogna concepire che in questo serbatojo si immerge il tubo d'aspirazione di una prima tromba che aspira l'acqua a 24 piedi d'altezza; che di là è presa di nuovo da una seconda tromba che l'innalza 34 piedi più alta, e successivamente da altre che la fanno salire di vasca in vasca fino all'ultima, perocchè tutti gli stantuffi agiscono in uno stesso tempo: si osserverà d'altronde che il pozzo di cui parliamo non serve che ad esaurire le acque della miniera e che ve n'ha un altro alla distanza di 50 o 60 tese da questo, da cui si estrae il carbone.

1286. Giova sapere che il carico sostenuto dalle catene O, G, è molto più grande di quello che sostengono le catene F, L, quando il peso della colonna d'aria non agisce su lo stantuffo; quindi la situazione naturale del bilico è quella d'inclinarsi dalla parte del pozzo, mentre la figura seconda lo rappresenta in senso contrario, cioè nella posizione in cui si trova quando l'injezione d'acqua fredda, avendo condensato il vapore rinchiuso nel cilindro, il peso della colonna d'aria fa abbassare lo stantuffo (1282); allora l'acqua del pozzo è aspirata e quella della vasca premuta nella cassetta M; ma quando il vapore s'introduce nel cilindro, la sua forza essendo superiore al peso della colonna d'aria solleva lo stantuffo, lascia agire il peso delle armature che portano le catene O, G, ed il bilico s'inclina dalla parte del pozzo che è la situazione in cui rimane quando la macchina non agisce, perocchè s'introduce dell'aria nel cilindro sotto lo stantuffo che si mette in equilibrio per la sua elasticità col peso di quella che è al di sopra.

1287. Per limitare il moto del bilico e paralizzarne la violenza, acciò la macchina non riceva scosse troppo grandi, si fanno sporgere fuori dell' edificio le estremità P di due travi, per sostenere due travicelli a molla che ricevono una cavicchia la quale attraversa la sommità dei grandi quarti del bilico, e si prende la stessa precauzione per sollevarlo nella sua caduta dalla parte del cilindro, come se ne può giudicare considerando la figura 4 che rappresenta la pianta del terzo piano dell' edificio in cui si vede la superficie superiore del bilico con le parti che lo accompagnano, e la pianta della vaschetta che può avere 4 piedi quadrati per 3 piedi d' altezza, e contenere circa un moggio d' acqua.

1288. Le figure 4 e 5 rappresentano l'alzato ed il profilo del cilindro A B, di cui abbiamo parlato (1282), accompagnato dai tubi che contribuiscono all'azione della macchina. Questo cilindro, che è di metallo ben calibrato, ha internamente 30 pollici di diametro per 9 piedi di altezza e 18 linee di spessore. A sei pollici sotto il suo vertice C (chiuso nel secondo piano dell' edificio) gira tutt' all' intorno un rialzo D B su cui è attaccata con un labbro una coppa di piombo D E di 18 pollici d' altezza svasata superiormente.

Il mezzo di questo cilindro è pure accompagnato da un secondo rialzo E F che serve a sostenerlo su due travi fra le quali è inchiavato, e su due barre di ferro che lo attraversano.

1289. Tre pollici al di sopra della base il cilindro è penetrato da due fori direttamente opposti, ciascuno munito di un collare G interiormente di 4 pollici di diametro, il primo de' quali serve ad introdurre il tubo di injezione H ed il secondo metta capo ad una tazza di bronzo I, nel cui fondo è una valvola caricata di piombo sospesa ad una molla di ferro per mantenerla sempre nella stessa direzione allorchè agisce: questa valvola che si chiama *aspirante* serve ad evacuar l' aria che il vapore scaccia dal cilindro quando si comincia a far agire la macchina; è poscia quella che è condotta dall' acqua d' injezione che impedirebbe l' effetto se non avesse un' uscita.

1290. Il fondo A *a* di questo cilindro è una lastra di metallo posticcia attaccata con viti ad un labbro corrispondente alla base; il mezzo è at-

traversato da un tubo K di nn piede d'altezza avente internamente 6 pollici di diametro, l'uno e l'altro fusi insieme di modo che una metà si trova nel cilindro per impedire che l'acqua la quale cade sul fondo non entri nel lambicco, e l'altro al di fuori per facilitare la congiunzione del cilindro e del lambicco.

1291. Lo stesso fondo è pur traforato verso la sua circonferenza con un foro *b* di 4 pollici di diametro, con nn collare *ac* di 6 di altezza, il cui scopo si è di facilitare l'evacuazione dell'acqua d'injezione.

1292. Lo stantuffo L che agiace nel cilindro per nn'altezza di 6 piedi è un piatto di metallo, il cui diametro ha 2 linee di meno di quello del cilindro, per 18 linee di spessore più infossato nel mezzo che verso la circonferenza, come se ne può giudicare dalle sue piante e profili rappresentati in grande nelle figure 11, 12 e 13, Tav. 3, in cui si osserverà che la sua circonferenza termina in una corona A di 4 pollici di lunghezza, formante un rilievo di 2 pollici. Su questa corona è applicata una o due bande di cuojo molto grosso sporgente una linea dal perimetro dello stantuffo; si trattiene immobilmente questo cuojo caricandolo di un anello B di piombo della stessa larghezza della corona diviso in tre parti eguali, ciascuna accompagnata da una coda C che s'incastra in una cellula D fatta di tre piastre di bronzo saldate verticalmente sul fondo dello stantuffo.

Il centro di questo stantuffo ha un foro che riceve l'estremità dell'asta E F per mezzo di un maschio fermato con chiavette, e quest'asta è sospesa alla catena del bilanciere.

1293. In fondo alla vaschetta d'injezione mette capo un tubo di piombo H, Fig. 1, 2, 4 e 5, Tav. 2, di 4 pollici di diametro, che s'introduce nel cilindro passando traverso al collare G (1289); questo tubo è terminato da un cannello piatto, il cui occhio ha 6 linee di diametro da cui escono 9 in 10 pinte d'acqua fredda ad ogni injezione, il che succede per mezzo dell'azione della chiave di un rubinetto M che si apre e si chiude alternativamente (1282) come spiegheremo altrove. Allo stesso tubo se ne aggiugne un altro orizzontale N, avente nel mezzo un robinetto per cui si fa sgorgare incessantemente l'acqua sopra lo stantuffo per umettarne il cuojo, ed impedire all'aria esterna d'insinuarsi nel cilindro, e acciò quest'acqua non trabocchi dalla tazza quando lo stantuffo si rialza, si è praticato un tubo O P di 4 pollici di diametro che ne riceve il superfluo e lo scarica in un serbatojo collocato fuori del fabbricato.

1294. Il lambicco è composto di una grande caldaja Q R S T, alquanto dilatata superiormente, avente nn diametro di 9 piedi sopra 3 1/2 di profondità, munita di un rialzo di 12 pollici di sporto che si appoggia ad una ritirata R, S di 3 pollici praticata nella murazione che circonda questa caldaja, intorno alla cui superficie esterna gira una piccola galleria R Q, S T di 9 pollici di larghezza in cui circola il fumo di un fornello V Q T X per mantenere il calore dell'acqua bollente.

1295. Il capitello R Y S del lambicco ha la forma di una cupola composta di più lastre di rame legate insieme e rivestite di muratura per l'altezza di 30 pollici per fortificarlo contro la forza del vapore e guarentirlo da tutto ciò che potrebbe danneggiarlo. Il suo vertice termina con un pezzo circolare di metallo nel quale vi è nn foro di 6 pollici di diametro,

accompagnato da un collare di 3 pollici di sporto con un labbro per unirsi al tubo di comunicazione K Z di 18 pollici d'altezza che congiugne il lambicco al cilindro: alla base di questo collare vi è un picciolo rilievo di 4 linee di sporto, formante una corona di 6 linee di larghezza, contro cui si applica il regolatore quando interrompe il passaggio del vapore nel cilindro.

1296. Per facilitare l'intelligenza di ciò che abbiamo indicato, fa d'uopo considerare la figura 15, nella quale A B rappresenta la parte di cui parliamo di 24 pollici di diametro, fusa col collare D C E F, accompagnato da una metà C G I H E del labbro che serve ad unirlo col tubo di comunicazione.

Questo pezzo corrisponde a quattro sostegni di ferro K L di 4 pollici e 6 linee d'altezza, cha sostengono un anello O S di 2 pollici di larghezza, il cui diametro interiore è di 12 pollici. A quest' anello è attaccata una molla di ferro M N di 2 pollici di larghezza che serve a sostenere il regolatore Q R, la cui pianta e profilo sono rappresentati in particolare dalle figure 17 e 18, le quali dimostrano che questo regolatore che ha 7 pollici di diametro è munito di un manico la cui estremità T è traforata in quadratura per ricevere un asse verticale *a b* avente il suo centro di moto distante 6 pollici ed 8 linee dal regolatore.

Il perno *c* di quest'asse agisce in un foro V, figura 19, praticato nell'anello V S, e la parte *a d*, fig. 16, è legata per mezzo di una chiavetta alla sinistra del regolatore. In quanto alla parte *a e*, che è rotondata, agisce esattamente in un foro praticato a traverso della piastra A B e presenta al di fuori del lambicco un maschio *e f* cui si adatta una chiave che comunica il moto al regolatore il cui bottone Z scorre su la molla M N che è molto levigata, discendendo da Z in N, per aprire l'orifizio D F, e risale da N a Z per chiuderlo.

1297. Si giudicherà della situazione del lambicco nel fabbricato in cui è rinchiuso considerando la figura 10 che rappresenta la pianta del primo piano innalzato 10 piedi circa sul pianterreno. Vedrassi una sezione orizzontale del lambicco munita del rivestimento di muratura che ne sostiene il capitello. Da questo piano si può discendere con una picciola scala A B nel luogo ov' è il fornello, la cui costruzione s' intenderà facilmente, considerando le figure 8 e 9 che ne dimostrano la pianta ed il profilo tagliato su la linea C D, figura 10.

Il fondo di questo fornello è un graticcio elevato 4 piedi sopra il pianterreno che serve di focolare. Il legno od il carbon fossile si introducono per un' apertura E in fronte alla quale vi è una porta C che corrisponde al pianterreno.

Si è praticato uno sfiatatojo F G nella grossezza della murazione e delle terre che trovansi dietro il fornello, acciò l' aria esterna possa facilmente introdursi nel cenerajo sotto alla grata per animare il fuoco il cui fumo non può sfuggire pel cammino H I K, opposto all' ingresso del fornello che dopo aver circolato intorno alla caldaja (1294). Del resto siccome le figure 8 e 9 non lasciano nulla a desiderare su ciò che può appartenere al fornello, non mi tratterrò di più.

1298. Per terminare ciò che mi resta a dire sopra il lambicco bisogna considerare le figure 1 e 3 che rappresentano in grande la superficie del

suo capitello, e si osserverà la posiziona A dell' estremità di tubo di 4 pollici di altezza, per altrettanti di diametro, saldato verticalmente sul capitello. Alla sommità di questo tubo è adattata una valvola caricata di piombo che chiameremo sfiatatojo, la quale serve a dare aria al lambicco quando il vapore diviene troppo forte; essa innalzasi di spesso quando il regolatore è chiuso e lo stantuffo discende.

1299. Si osserverà pure che l'elissi BC, il cui asse maggiore è di 18 pollici e il minore di 14 è una lastra di rame che si stacca quando si vuole per entrare entro il lambicco a farvi qualche riparazione. A questa lastra sono attaccati nei punti D, E due tubi pendenti *p*, *q*, rappresentati nella figura 5, il primo de' quali *p* è più breve 3 pollici dell' altro *q* che discende sino al livello. RS del margine della caldaja; questi tubi hanno al vertice un robinetto per ciascheduno che serve a sperimentare a quale altezza sia la superficie dell' acqua nel lambicco: per esempio, se aprendolo si scopre che danno tutte e due del vapore, è segno che l' acqua è troppo bassa, ed al contrario se danno entrambi dell' acqua è indizio ch' essa è troppo alta; ma se uno dà acqua e l' altro vapore, allora la superficie dell' acqua è ad una conveniente altezza, il che succede quand' essa trovasi ad uno o due pollici sopra il margine RS della caldaja.

Se l' acqua esce dai tubi di prova, è perchè il vapore facendo sforzo da ogni parte per sfuggire, preme la superficie dell' acqua in cui tuffa il tubo e lo costringe a salire come nelle trombe aspiranti, perocchè il calore ha estremamente dilatato l' aria di questo tubo.

1300. Al capitello del lambicco è pure adattato un tubo di rama *def* che dicesi cammino, la cui estremità *f* che va fuori del fabbricato è chiusa da una valvola caricata di piombo attaccata ad una fune che passa su due carruccole; questo tubo, che ha 5 pollici di diametro, serve ad evacuare il vapore aprendo la sua valvola quando si vuol fermare la macchina e a dargli una sfuggita quando acquista forza bastante da innalzar la valvola, altrimenti metterebbe il lambicco in pericolo di scoppiare.

1301. Al di fuori del fabbricato è una piattaforma di murazione, a livello del primo piano, sulla quale è collocato un serbatojo provvisorio fatto di tavoloni foderati di piombo in cui d' ordinario si contengono 33 o 34 moggia d' acqua proveniente dal superfluo della vaschetta d' injezione che discende pel tubo *h* (1284). Questo serbatojo, che è accompagnato da uno sfioritore *i*, serve ad introdurre nel lambicco, quando è aperto, 26 moggia circa di acqua per mezzo di un tubo *hz* accompagnato da un robinetto *m*, e si vuota il lambicco con un altro tubo *no* che passa sotto la piattaforma.

1302. Siccome non si può far agire la macchina senz' aver l' acqua nella cassa d' injezione, si è messa nel terzo piano una tromba aspirante Q, figura 2, il cui tubo RST termina verso il fondo del serbatojo provvisorio acciò al bisogno se ne possa cavare dell' acqua per empiare questa vaschetta che d' ordinario è vuota quando la macchina non agisce, perocchè l' acqua che parte dal fondo per rendersi su lo stantuffo e che poscia si scarica nel serbatojo (1293) è tosto esaurita quando la tromba premente non agisce e non si è presa la precauzione un momento prima di fermare la macchina, di chiudere il robinetto d' injezione che conduce l' acqua nella coppa.

1303. Abbiamo detto (1291) che il collare *ac* facilitava l'evacuazione dell'acqua d'injezione che cadeva nel cilindro, per la qual cosa il collare è unito ad un tubo avente due rami ineguali, il cui più grande *rs* chiamato *ramo d'evacuazione* di 2 pollici di diametro, va a terminare ad una picciola cisterna in cui si scaricano circa i 3/4 dell'acqua d'injezione. All'estremità *t* di questo ramo è una valvola sospesa ad una molla di ferro; questa valvola che è chiusa quando lo stantuffo discende, e che è sempre bagnata d'acqua, affinchè l'aria esterna non possa entrarvi, è ben caricata di piombo; di modo che il peso dell'acqua che riempie il ramo d'evacuazione non possa elevare ad ogni injezione la valvola se non è ajutato dalla forza del vapore.

La cisterna di cui parliamo non è altro che una vasca di piombo situata sotto l'arcata della piattaforma avente due tubi, uno che serve di sfioritore e l'altro di scaricatore; quindi si vede che fuori del fabbricato si possono avere due bacini uno de' quali riceverà l'acqua fredda proveniente dal serbatojo provvisorio, e l'altro l'acqua calda proveniente dalla cisterna.

1304. Per intendere le funzioni del picciol ramo *ux*, la cui estremità è chiusa ermeticamente, bisogna considerare la figura 7, che rappresenta il lambicco ed il cilindro veduti in faccia dalla parte del serbatojo provvisorio; si osserverà che a questo ramo è adattato un tubo *y* che comunica con un altro verticale chiamato tubo nutritore di 18 linee di diametro, una parte del quale tuffa nell'acqua del lambicco fino a 4 in 5 pollici dal fondo, e l'altra parte sporge tre piedi infuori; ora si saprà che il quarto che ci rimane dell'acqua d'injezione e che esce tepida dal cilindro supplisca con questo tubo al calo operato dal vapore nell'acqua del lambicco che perciò è mantenuta ad altezza costante.

1305. Avendo indicato (1299) che la forza del vapore faceva salir l'acqua bollente nei tubi di prova quando vi s'immergevano, vedesi che la stessa cagione deve pur farla salire nel tubo nutritore, poichè è aperto per le due estremità, e perciò si eleva al disopra della comunicazione *y* fino ad un certo punto in cui il vapore la sostiene in equilibrio col peso della colonna d'aria che gli è opposta.

1306. L'azione del vapore non potendo spingere all'insù lo stantuffo con una forza capace di vincere il peso della colonna d'aria di cui è aggravato, senza premere all'ingiù con la stessa forza la superficie dell'acqua che è caduta nel fondo del cilindro, quest'acqua è premuta nei due rami; di modo che quello d'evacuazione ne riceve tre quarti (1303) ed il resto passa nel nudritore *z* ove costringe l'acqua calda che vi si trova a discendere per occuparne il posto, fino all'istante in cui una nuova operazione lo costringe alla sua volta a passare nel fondo del lambicco.

1307. Al picciol ramo *ux* è attaccata una tazza *a* al cui fondo è una valvola caricata di piombo che si apre per introdurre dell'acqua tepida in tutti i tubi che abbiam menzionato, onde cacciarne l'aria quando si comincia a far agire la macchina; quest'acqua che può anche sgorgare nel lambicco è tolta dalla sommità del cilindro (1293) per mezzo di un tubo discendente U alla cui parte inferiore è un robinetto.

1308. Ci rimane a spiegare il moto che fa agire il regolatore ed il robinetto d'injezione; perciò bisogna esaminare la figura 6 che è una ele-

vazione delle parti della macchina, vedute a fianco del pozzo, molte delle quali sono rappresentate di fianco nella prima figura ed in pianta nella terza; quindi a misura che le citeremo si potranno riconoscere per le lettere simili che le distinguono.

Si vedono primieramente due travi A che sostengono un asse B C, che infila gli anelli di una staffa *a b c d*, simile a quella di cui si è fatto menzione nell' articolo 1163, con questa sola differenza che non è attraversata che da una cavicchia e intorno a cui agisce una forca *f g* la cui coda termina alla chiave *i* del regolatore (1296).

Allo stesso asse sono attaccate una zampa D R a due artigli che fanno muovere la staffa, due braccia di ferro E F, G H, e l' asta I di un peso K, la cui caduta produce un effetto simile a quello che è descritto nell' articolo 1164.

Abbiamo detto che la catena attaccata ad uno dei quarti del bilico portava un incastro che non è altro se non un travicello pendente L, con una fenditura nel mezzo; questo incastro che agisce nello stesso senso dello stantuffo e che serve a comunicare il moto al regolatore ed al robinetto d' injezione, infila sul pianterreno del primo piano un' estremità di tavolone M che la tiene sempre verticale, discendendo in un foro N praticato di sotto.

1309. La fenditura dell' incastro è attraversata da una cavicchia P rivestita di cuojo, sopra la quale si conduce ad intervallo il braccio E F; nell' istante in cui lo stantuffo essendo giunto al basso del cilindro il regolatore si apre par lasciar passare il vapore, il bilico innalza la traversa L, la cavicchia P fa salire l'estremità di questo braccio, e per conseguenza girar l' asse che rialza il peso K; e durante questo tempo la staffa rimane immobile: ma tosto che il peso ha oltrepassato la verticale, esso imprime cadendo dalla parte del cilindro una forza all' artiglio D che colpisce la cavicchia e caccia indietro questa staffa, e per conseguenza la manovella *i* che allora chiude il regolatore.

Quando l' incastro s' innalza e trascina seco il braccio E F, l'asse col girare ed il peso con la caduta fanno anch' essi salire l'altro braccio G H; poco dopo venendo a discendere, una cavicchia Q attaccata ad una delle sue faccie riconduce il braccio G H, che fa girare l' asse e rialza il peso, che cadendo da sinistra a destra l'artiglio R spinge innanzi la staffa che era rimasta immobile durante la discesa dell' incastro; allora la manovella apre il regolatore.

1310. Alla chiave del robinetto d' injezione *g*, figure 1 e 6, è attaccata una branca *h*, in cui agisce un regolo di ferro *ab* che la colpisce con un moto di vibrazione ora in un senso ora in un altro, per aprire e chiudere il passaggio dell' acqua; questo regolo è attaccato all' asse di una leva *c d*, che serve di coda ad un martello *f* incavato pel di sopra per adattarsi interpolatamente ad una tacca fatta con un pezzo di legno *e i* che passa a traverso di una fenditura praticata in un trave pendente S che sostiene la leva *cd*; questo pezzo che io chiamo scrocchetto è mobile alla sua estremità *e* intorno ad una cavicchia, e l'altra *i* è sospesa in aria con una cordicella attaccata al solajo.

1311. Per giudicare del modo con cui questi pezzi agiscono si sappia che ad una delle facce dell' incastro opposta a quella di cui abbiamo parlato

(1309) è pur attaccata una cavicchia T che solleva lo scrocchetto quando l'incastro è giunto al suo più alto grado d'elevazione; allora il martello f, cessando di essere sostenuto, cade con violenza, la leva cd fa da bilico, e il regolo ab agendo indietro contro la zampa h, apre il robinetto d'injezione; e mentre l'acqua zampilla nel cilindro, il martello poggia sopra un'estremità di tavola orizzontale V. Dopo quest'operazione l'incastro L torna a discendere, e la cavicchia T che ha innalzato lo scrocchetto incontrando per via la leva cd, la costringe a discendere per rialzare il martello e metterlo nella sua situazione; siccome ciò non può succedere senza che il regolo ab spinga innanzi la zampa h per ricondurla d'onde era partita, il robinetto d'injezione si rinchiude fino al momento in cui la traversa L risalendo di nuovo, ricomincia la prima manovra.

1312. Da ciò che ho esposto segue che allorquando l'incastro discende, chiude il robinetto d'injezione: immediatamente dopo apre il regolatore nell'istante in cui è pervenuto al punto più basso; ed al contrario, allorchè è salito più sopra si apre il robinetto d'injezione e si chiude il regolatore; quindi questi due effetti, benchè contrarj, mantengono sempre la macchina in un moto regolare, quando il calore del fornello è uniforme e che tutti gli altri pezzi agiscano a dovere, e si osserverà che si rende il giuoco del regolatore e quello del robinetto d'injezione più o men pronto, secondo che le cavicchie che accompagnano l'incastro sono collocate più o meno alte; ed è per questo che le faccie dell'incastro sono penetrate da molti fori.

1313. Per dare il primo moto alla macchina si comincia dall'empiere di acqua la caldaja (1301), poscia si accende il fuoco, si fa agire la tromba aspirante ond'empiere, se è necessario, la vaschetta d'injezione (1302), e si lascia sgorgare l'acqua nella coppa (1293); immediatamente dopo, chi dirige la macchina vede in che situazione sia il regolatore onde aprirlo se fosse chiuso, avendo la facilità per mezzo di una manovella di dare all'asse gli stessi movimenti che gl'imprime l'incastro, il vapore passa nel cilindro, ne caccia l'aria e scalda l'acqua che è sopra lo stantuffo, la quale si fa sgorgare nella coppa per riempiere i tubi pei quali si scarica l'acqua d'injezione (1307).

Durante quest'operazione la macchina resta in quiete fino al momento che ella stessa dà il segnale per avvertire che è tempo di farla agire; il che si manifesta quando il vapore avendo acquistato forza bastante per aprire la valvola che chiudeva la sua via (1300) ne esce con detonazione; allora il direttore che attende questo momento, prende colla destra la coda del martello (1311) e colla sinistra il braccio (1309), chiude il regolatore, ed un istante dopo apre il robinetto d'injezione che fa discendere lo stantuffo, poscia il regolatore si apre da sè stesso e la macchina prosegue ad agire senza più toccarla per l'effetto alternativo del vapore dell'acqua fredda secondata dal peso dell'atmosfera (1282).

1314. Quando il moto della macchina è ben regolato, essa d'ordinario produce 15 impulsi in un minuto, e non bisogna che ne dia di più. Ho osservato che in quella di Fresnes lo stantuffo impiegava tanto tempo a salire quanto a discendere.

1315. Per accennare brevemente il modo onde si forma il vapore, bisogna considerare che il fuoco o la *materia sottile* penetra il fondo del

lambicco, passa a traverso de' suoi pori e mette le molecole d'acqua nell' estrema agitazione; e siccome questa materia non cerca che di estendersi per moversi con maggior libertà, essa s' innalza sopra l'acqua di cui trascina le particelle più dilicate in una quantità prodigiosa, che cercano da ogni parte isfuggire con una forza che diviene superiore a quella del peso dell' aria; e quando si apre il regolatore essa entra impetuosamente nel cilindro, spinge innanzi lo stantuffo fino all'istante in cui l'injezione di acqua fredda condensa questo vapore, ed annienta la sua forza, allora essa torna in acqua (1282), lascia il cilindro vuoto e dà luogo al peso dell' atmosfera di ricondurre lo stantuffo; quindi si vede che nello spazio di due secondi che dura l' injezione, 9 o 10 pinte d'acqua fredda (1293) condensano circa 4 moggia di vapore, a che durante questo tempo se ne forma una quantità grande abbastanza per rialzare lo stantuffo di nuovo appena il regolatore gliene lascia la libertà; ricorderò (1306) che quando questo vapore entra nel cilindro, esso preme l' acqua che si trova al fondo, ne fa passare circa sette pinte in un ramo di scarico, e tre nel lambicco.

1316. Dal celebre dottor Desaguilier che fece molta sperienze su la macchina a fuoco, ho appreso *che la forza del vapore nel cilindro non oltrepassava mai di un decimo la resistenza dell'aria esterna, nè era giammai più debole di un decimo; ma fra queste due proporzioni*, quella forza cangia di continuo secondo che lo stantuffo è più o meno elevato, cioè secondo che lo spazio è più o meno grande.

1317. Questo dotto fisico pretende pure *che il vapore dell' acqua bollente sia circa quattordici mille volte più raro dell'acqua fredda, e che allora per la sua elasticità sia forte come l'aria comune benchè sedici volte più rara.*

1318. Per indicare in qualmodo si deve fare il calcolo di questa macchina fa duopo considerare che il diametro dello stantuffo essendo di 30 pollici (1288) la sua superficie sarà di $4\frac{51}{56}$ piedi quadrati, cui bisogna moltiplicare per 2205 libbre, peso di una colonna d'aria di un piede quadrato di base (791) e si avranno 10828 libbre per l'azione dell'aria esterna su lo stantuffo, per conseguenza per la forza della potenza motrice.

Le trombe aspiranti innalzando insieme una colonna d'acqua di 7 pollici di diametro (1285) per 46 tese o 276 piedi di altezza, si troverà che questa colonna pesa 5165 lib.

La tromba della vasca facendo salir l' acqua a 36 piedi di altezza (1284) e il suo diametro non essendo che 6 pollici, il peso della colonna d'acqua che preme il suo stantuffo si trova di 495 libbre; ma siccome il braccio di leva di questo stantuffo non è che i tre quinti di quello della potenza, bisogna ridurre questo peso moltiplicandolo per 3/5 ond' avere 297 libbre, che aggiunte a 5165 libbre, se ne avranno 5462, a cui bisogna aggiugner anche il peso delle armature che corrispondono al pozzo ed alla vasca, che si valuta circa 4000 libbre, dedotto quello dello stantuffo grande; quindi la potenza avrà da sormontare una resistenza di circa 9165 libbre; e siccome questa potenza è stata trovata 10828 libbre, essa sarà di 1663 libbre superiore al peso che deve trasportare.

1319. Si deve notare che questa superiorità della potenza sul peso, che deve essere almeno nel rapporto di 6 a 5, è necessaria non solo per

rompere l'equilibrio, ma anchè acciò lo stantuffo non sia smosso affatto dal peso assoluto, giacchè l'aria sfugge e si sottrae in parte alla sua impressione, e d'altronde non si può calcolare se non quando lo stantuffo discende, che il cilindro sia interamente privato d'aria grossa, poichè l'acqua d'injezione ne trascina sempre una certa quantità che trovandosi rinchiusa in uno spazio più picciolo a misura che lo stantuffo discende potrebbe acquistare una forza di elasticità sensibile abbastanza per resistergli.

1320. Avendo detto (1314) che la macchina produceva 15 impulsi ogni minuto, quando il suo moto è ben regolato, vedesi che nel primo tempo essa esaurisce una colonna d'acqua di 15 tese di altezza per 7 pollici di diametro, ovvero 155 moggia d'acqua ogni ora, delle quali, circa 25 pinta salgono ad ogni impulso nella vaschetta superiore, ed il restante si scarica in un picciolo canale, figura 20, che la conduce ove si vuole.

1321. Prima che questa macchina fosse stabilita a Fresnes ve n'era una di un'altra specie che agiva giorno e notte incessantemente e per la quale bisognava mantenere 20 uomini e 50 cavalli, mentre attualmente in 48 ora si esaurisce tutta l'acqua che possono dare le sorgenti nel corso della settimana e due uomini bastano per sorvegliare ad uno alla volta al governo della macchina.

1322. Il fornello consuma in 24 ore due moggia di carbon fossile contenente ciascuno circa 14 piedi cubici, o due corde di legna, ciascuna di 8 piedi di lunghezza per 4 di larghezza ed altrettanti di altezza.

Aggiugnerò che nella descrizione precedente mi sono allontanato in qualche luogo da ciò che si adoperò a Fresnes per esporre le cose, non già affatto come sono state eseguite, ma come avrebbero dovuto esserlo, senza però aver mutato nulla di essenziale.

1323. Bisogna confessare che quella è la più maravigliosa di tutte le macchine, e che nessuna ne esiste il cui meccanismo abbia maggior rapporto con quello degli animali. Il calore è il principio del suo moto; succede nei diversi tubi una circolazione come quella del sangue nelle vene, con delle valvole che si aprono e si chiudono a proposito; essa si nodrisce e si vuota da sè stessa in tempi regolati, e trae dal suo stesso lavoro tutto ciò che le occorre per sostenersi.

1324. Si osserverà che se si dovesse elevar l'acqua di una sorgente ad una considerevole altezza sopra l'orizzonte nei tubi posti verticalmente, o sopra un piano inclinato, si potrebbe far uso della macchina stessa, disponendo delle trombe aspiranti prementi nel luogo che più conviene alla situazione del luogo.

1325. Nell'articolo 905 ho fatto conoscere che quando un fluido fa muovere delle trombe coll'ajuto di una macchina, in cui il braccio di leva del peso è eguale a quello della potenza succede sempre che *la superficie dello stantuffo, quella di una delle palmette, la caduta capace della velocità relativa del fluido, e l'altezza a cui si vuole innalzar l'acqua compongono quattro termini reciprocamente proporzionali;* ora per poco che si osservi, vedrassi che questa regola si applicherebbe naturalmente alle macchine a vapore sul gusto delle precedenti se si potesse far astrazione dal peso degli attrezzi e non si trattasse della tromba premente che è nella vasca, perocchè la superficie dello stantuffo che agisce nel cilindro può

essere considerata come quella di una palmetta, ed il peso della colonna di aria o quello della colonna d'acqua di 31 1/2 piedi d'altezza (791) come la forza assoluta del fluido, che non si avrebbe più se non a moltiplicare per 5/6 per avere la sua forza relativa (1319); allora il *prodotto del quadrato del diametro dello stantuffo grande per l'altezza media della colonna d'acqua equivalente al peso dell'atmosfera sarebbe eguale al prodotto del quadrato del diametro del picciolo stantuffo che deve aspirare o premere l'acqua, per l'altezza a cui deve essere innalzata;* che se i perni o il centro di moto del bilico non fosse nel mezzo, bisognerebbe che questi due prodotti fossero in ragione reciproca dei bracci di leva del grande e del picciolo stantuffo; ma siccome questa formola non può essere di verun uso, poichè non contiene varie circostanze a cui bisogna aver riguardo, cercheremo di stabilirne un'altra più completa, e non considereremo ciò che ho detto se non come introduzione a quanto segue.

È essenziale osservare che supponiamo essere il valore di tutte le linee che indicheremo con lettere, espresso in piedi o frazioni di piedi.

1326. Chiamisi P il peso dello stantuffo grande; D il suo diametro o quello del cilindro ed a il suo braccio di leva; p il peso degli attrezzi corrispondenti al picciolo stantuffo; d il suo diametro e b il suo braccio di leva; h l'altezza a cui deve essere innalzata l'acqua; Q il peso della colonna d'acqua che deve premere la tromba della vasca compresovi il peso degli attrezzi del suo stantuffo; R il suo braccio di leva; q il peso della traversa ed r il suo braccio di leva. Ciò posto, si consideri che $\frac{11}{14}D^2$ esprimerà la superficie del cerchio del grande stantuffo che essendo moltiplicata per 2205 libbre, peso di una colonna d'aria di un piede quadrato di base (791), ed il prodotto per 5/6 onde non aver riguardo che alla forza relativa della potenza (1319), si avrà $\frac{11}{14}D^2 \times 2205$ libbre $\times 5/6 + P$, ovvero $\frac{5775}{4}D^2 + P$ per l'espressione della potenza unita al peso dello stantuffo grande: moltiplicando questi due termini pel loro braccio di leva si avrà $a + (\frac{5775}{4}D^2 + P) + qr$ pel momento della potenza.

Si consideri ora che si ha pure $\frac{11}{14}d^2h$ per l'espressione del volume della colonna d'acqua che il picciolo stantuffo deve aspirare o premere, della quale si avrà il peso moltiplicandola per 70 libbre peso di un piede cubico d'acqua; che se si unisce a questo prodotto il peso p degli attrezzi e si moltiplica questa quantità pel braccio di leva b si avrà $b + (\frac{11}{14}d^2h \times 70$ libb. $+ p)$ a cui bisogna anche aggiugner QR prodotto del peso della colonna d'acqua della vasca pel suo braccio di leva, e si avrà $b\,(55\,d^2h + p) + QR$ pel momento del peso che con quello della potenza dà $a\left(\frac{5775}{4}D^2 + P\right) + qr = b\,(55\,d^2h + p) + QR$, che è una formola generale mediante la quale si potrà sempre conoscere quella delle quantità variabili che sarà incognita per mezzo della conoscenza delle altre; il che sarà facile per poca familiarità si abbia col calcolo. Riguardo

agli attriti, siccome la loro resistenza in questa macchina è quasi insensibile, non avendo luogo che nei perni del bilico il cui raggio è estremamente picciolo rapporto al braccio di leva della potenza, ho creduto bene doverli riguardare come nulli per non complicar troppo questa formola.

1327. Per esporre i principali casi in cui si può far uso della formola precedente, considero che delle quantità che la compongono, varie sono determinate dalla disposizione che bisognerà dare alla macchina: per esempio si conoscerà sempre il braccio di leva ed il peso della colonna di acqua che bisognerà innalzare nella cassetta d'injezione (QR), la posizione dei perni del bilico, per conseguenza il rapporto delle due parti della sua lunghezza (a, b), il peso degli attrezzi (p) delle trombe aspiranti, quando si conoscerà la profondità del pozzo, d'onde si vorrà estrar l'acqua; il peso del grande stantuffo (P) e della traversa (r), che sono due termini che fa duopo sopprimere dalla formola per semplificarla o sottraendola primieramente dal peso degli attrezzi, o facendone astrazione per avvantaggiare la potenza agente. D'altronde, siccome è cosa naturale il collocare i perni nel mezzo del bilico, a meno che non si sia costretti a fare altrimenti per rendere il braccio di leva della potenza più grande di quello del peso, ne segue che supponendo $aP + qr = o$, ed $a = b$, si avrà $\frac{5775}{4} D^2 = 55\, d^2 h + p + \frac{QR}{a}$ per la formola ridotta, in cui non vi sono più se non le quantità D, d, h soggette a variare nei seguenti tre casi.

1328. Suppongo che si tratti d'innalzar l'acqua da un pozzo di cui si conosce la profondità, o di spingerla ad una certa altezza (h) sopra l'orizzonte (1324), e che siasi determinato il diametro della tromba (d) affinchè la macchina possa fornire una certa quantità d'acqua proporzionata all'alzata degli stantuffi ed al numero degli impulsi ogni minuto, e si tratti di conoscere il diametro del cilindro; allora non si avrà che da supporre $D = x$ e liberare quest'incognita per avere $x = \frac{\sqrt{220\, d^2 h + 4p - \frac{4QR}{a}}}{5775}$.

1329. Il diametro del cilindro determinato, e così pure l'altezza a cui si vuol far salire l'acqua o traendola sul fondo di un pozzo o spingendola sopra un'altezza, se si volesse conoscere il diametro dello stantuffo, bisognerà supporre $d = x$, e liberare quest'incognita per avere $\frac{\sqrt{\frac{5775}{4} \cdot D^2 - p - \frac{QR}{a}}}{55h} = x$.

1330. Finalmente se è dato ancora il diametro del cilindro e quello dello stantuffo che deve aspirare o premere l'acqua e si volesse sapere a quale altezza si potrà far salire bisognerà supporre $h = x$, e liberare l'incognita ond'avere $\frac{\frac{5775}{4} D^2 - p - \frac{QR}{a}}{55\, d^2} = x$.

1331. Fa duopo osservare che nel primo caso quando si sarà costretti a fare il diametro del cilindro maggiore di 30 pollici (1288), bisognerà aumentare la capacità del recipiente in proporzione di quella del cilindro, ond'avere una sufficiente quantità di vapore perchè la macchina possa essere capace di circa 15 impulsi ogni minuto (1328), altrimenti essa ne da-

rebbe meno. Riguardo agli aumenti che può ricevere la capacità del cilindro, io conosco delle macchine a vapore, il cui grande stantuffo ha 36 pollici di diametro e credo che al bisogno se ne potrebbe fare anche di 40, e per conseguenza renderà la macchina capace di un effetto doppio di quello di cui si è parlato nell'articolo 1321.

1332. Quando ho detto che la macchina di Savery era molto più perfetta di quella di Papin, non ho preteso di dire che questa non sia da usarsi mai, ma credo invece che ove si pervenisse a farla agire in modo che si procurasse da sè come la precedente i diversi moti di cui può aver bisogno, si potrebbe adoperare utilmente in molte occasioni; perocchè quantunque quella di Savery abbia questo vantaggio, non sembra che possa esercitare altre funzioni, tranne d'innalzar l'acqua mediante le trombe; mentre lo scopo di Papin è principalmente quello di far girare una ruota da mulino per dare il moto alle macine, ai cappelletti, ai pistoni, alle trombe ecc. ne' luoghi ove non si ha corrente o caduta d'acqua, ed invece il legno vi è comune; perciò ho creduto dover qui riferire le sue idee acciò contribuiscano a produrne altre in coloro che vorranno spingere più lungi la cosa.

1333. Il pezzo principale di questa macchina è un vaso A di figura sferoidale, il cui asse è supposto di 25 pollici e il diametro del suo circolo medesimo di 20, collocato in un fornello di modo che il fuoco possa circondarlo da ogni parte; questo vaso che è di rame e che io chiamo lambicco, deve esser pieno per 2/3 di acqua che vi s'introduce per un tubo B; a questo lambicco è adattato un sifone CD corrispondente ad un cilindro GH di 20 pollici di diametro per altrettanti di altezza facendo le veci di un corpo di tromba in cui agisce uno stantuffo di rame ST vuoto di dentro, onde poter galleggiare su l'acqua; questo cilindro, che non ha fondo ha la sua base adattata ad un tubo ricurvo IKO che passa a traverso del fondo di un altro cilindro MN di 3 piedi di altezza per 23 pollici di diametro, chiuso da ogni parte, acciò l'aria esterna non vi si possa introdurre; e si osserverà che lo stesso tubo è accompagnato da un vaso Y dilatato superiormente il quale serve ad introdurre dell'acqua nel corpo di tromba sotto lo stantuffo ST senza poter mai passare al di sopra.

1334. Per intendere l'azione di questa macchina si sappia che in E esiste un robinetto che si apre interpolatamente per lasciar passare il vapore del lambicco nella parte superiore del corpo di tromba; là esso preme lo stantuffo che spinge l'acqua, la quale non potendo rientrare nel vaso Y perchè è fermata da una valvola collocata in R, sale nel tubo IKO per scaricarsi nel cilindro MN.

Appena lo stantuffo è giunto al basso del corpo di tromba si chiude il robinetto E per interrompere il passaggio al vapore e se ne apre un altro P collocato verso la sommità del corpo di tromba; per cui si evacua quella che ha agito; allora il peso dell'acqua di cui è sempre pieno il vaso Y, aprendo la valvola che è nel fondo, s'introduce di nuovo nella tromba GH facendo salire lo stantuffo senza che l'acqua contenuta nel tubo KO vi contribuisca per nulla, perchè in K vi è un'altra valvola che le impedisce la discesa.

Dopo che l'acqua che è passata nel corpo di tromba si è messa in equilibrio con quella del vaso Y si chiude il robinetto P e si apre l'al-

tro E; allora il vapore preme di nuovo lo stantuffo che spinge come prima l'acqua nel tubo K O, per andare nel cilindro M N, in cui non si può introdurre senza sormontare la resistenza dell' elasticità dell' aria di cui viene ad occupare il posto; perocchè quest' aria non potendo sfuggire da nessuna parte aumenterà la forza della sua elasticità in ragione inversa della diminuzione del suo volume.

Secondo le dimensioni date da Papin al cilindro M N, esso conterrà 600 libbre d'acqua, quindi 200 libbre su ciascuno dei tre piedi della propria altezza; cosicchè quando sarà pieno fino all'altezza di 2 piedi, l'aria vi sarà ridotta a non occupare se non il terzo dello spazio in cui era dapprima rinchiusa, ed avrà acquistato una forza di elasticità capace di sostenere una colonna d'acqua di 64 piedi di altezza al di sopra della sua forza ordinaria; allora se si apre il robinetto Q e l'acqua sgorga contro una superficie, al primo istante essa farà un' impressione equivalente al peso di una colonna d' acqua avente per base l' occhio della chiave del robinetto e 64 piedi di altezza. È vero che a misura che l' acqua uscirà sarà essa cacciata meno velocemente, perocchè la forza dell'elasticità dell' aria s'indebolirà in proporzione che sarà meno rinserrata; ma siccome secondo Papin deve esservi sempre nel cilindro dell' acqua per l' altezza almeno di un piede, vedesi che l' aria non occuperà giammai nella sua minore condensaziona che i due terzi dello spazio in cui deve essere rinchiusa, e che in questo stato la sua forza sarà ancora capace di sostenere il peso di una colonna d' acqua di 16 piedi d' altezza oltre quella di 32 piedi che sostiene ordinariamente.

Papin pretende aver desunto dalle sperienze ch' ei fece che la forza del vapore sarà capace di spingere lo stantuffo S T all'insù con una forza equivalente al peso di una colonna d'acqua di 96 piedi d' altezza, da cui sottraendo la resistenza dell' aria esterna eguale al peso di una colonna di 32 piedi, rimangono 64 piedi per l' altezza di quella che lo stantuffo potrebbe spingere; quindi ammettendo le sue sperienze, la forza del vapore sarà capace di costringere l' aria del cilindro M N ad occupare più del terzo dello spazio che occupava prima, perocchè il robinetto E essendo aperto, e l' altro P chiuso, lo stantuffo avrà cacciata l'acqua nel cilindro fino a due terzi della propria altezza.

Pretende ancora che quando il livello dell' acqua nel vaso Y sarà 8 piedi più elevato del robinetto P, e ch'essa si possa introdurre nella tromba per una valvola il cui diametro sia 8 pollici, quest'acqua empirà la tromba in un secondo di tempo; aggiugne pure che quando la valvola collocata in K avrà 6 pollici di diametro, la forza del vapore farà passare in meno di un secondo di tempo 200 libbre d' acqua nel cilindro M N, d'onde si conchiude che la tromba potendo empiersi in un secondo e vuotarsi nello stesso tempo l' operazione non durerà più di due secondi.

Siccome la maggior condensazione dell'aria nel cilindro sarà capace di sostenere una colonna d' acqua di 64 piedi d' altezza, e che quando saranno uscite 200 libbre d' acqua pel tubo Q la forza dell' aria sarà ridotta a non poter più sostenere che una colonna di 16 piedi, succederà che la forza media di essa sarà equivalente al peso di una colonna d'acqua avente 40 piedi d' altezza che è la forza su cui bisogna calcolare per valutare quella dell' acqua che uscirà pel tubo Q per far volgere la ruota che ne riceverà l' impressione.

Giova osservare che Papin calcola che l'acqua che esce dal cilindro per far girare la ruota potrà essere ricondotta nel vaso Y, e di là passare nel cilindro per sgorgare come prima su la ruota, cioè che essa circolerà di continuo, ma egli non ne insegna il modo.

Per dare maggior forza al vapore, Papin propone d'introdurre nel corpo di tromba sopra lo stantuffo de' ferri arroventati che rimarranno sospesi in un tubo V chiuso inferiormente per impedire l'ingresso all'acqua; quindi bisogna concepire che questo tubo sia adattato ad un foro praticato alla sommità della tromba chiuso da un coperchio L, e che lo stantuffo sia traforato per poter strisciare lungo questo tubo; ma per gl'incomodi che recheranno questi ferri roventi per rinnovarli di spesso sembrandomi un tal ripiego praticabile, non mi arresterò su tutti i vantaggi che Papin crede poterne tirare. D'altronde ho detto abbastanza su la macchina acciò se ne possa fare il parallello con quella di Savery che è l'oggetto principale che mi sono proposto. Aveva pure l'intenzione di dare il mulino a vapore di Amontons per far vedere che può essere applicato molto più comodamente alle macchine di quello proposto da Papin; ma siccome questo mulino si trova spiegato bene nelle Memorie dell'Accademia Reale delle scienze dell'anno 1699, invio ad esse chi sarà curioso di conoscerlo, per occuparmi solo dei varj mezzi di estrar l'acqua da' pozzi molto profondi.

1335. Ho detto (1285) che a 50 o 60 tese dal pozzo che corrisponde alla macchina a fuoco eseguita a Fresnes, ve n'era un'altra che serve ad estrarre il carbone da quelle miniere. Giudicherassi di questa macchina considerando la prima figura della Tavola 5, che rappresenta il profilo della parte superiore del pozzo di cui si parla, sopra il quale è una carrucola A portante una catena a cui è sospeso un secchio, la cui capacità di 6 piedi cubici circa serve ad innalzare il carbone. Due cavalli attaccati ai timoni B, C di un albero verticale DE fanno svolgere la catena sopra un tamburo FG avente la figura di un cono tronco il cui diametro medio è 7 piedi. Quando il secchio è pervenuto alla sommità del pozzo fa suonare un campanello che averte doversi vuotare, e tosto i cavalli si fermano e si pongono da sè in situazione opposta per girare in senso contrario.

1336. V'è pure un altro pozzo nelle vicinanze di Fresnes che serva in pari tempo ad estrarre il carbone e le acque di una miniera separata dalla precedente: perciò l'asse dell'albero girante DE è accompagnato da una manovella H che comunica il suo moto ad un barletto K I L mediante un'asta H I. Questo barletto inclinandosi a destra ed a sinistra fa agire gli stantuffi de' due equipaggi M, N di varie trombe aspiranti che innalzano l'acqua senza interruzione facendola salire di vasca in vasca come nell'articolo 1285. Tutta la differenza sta in questo che il peso degli attrezzi trovandosi in equilibrio alle estremità della leva KL non oppone che una debole resistenza alla potenza che d'altronde trae un grande vantaggio dalla lunghezza del suo braccio di leva otto volte più lungo del gomito della manovella, ma le trombe non agiscono che assai lentamente, non potendo i loro stantuffi aspirare che una volta ad ogni giro di manovella.

1337. La seconda figura rappresenta un altro modo di far agire due equipaggi di trombe simili alle precedenti eseguite presso Valenciennes per esaurire le acque di una nuova miniera di carbone. Si osserverà che la

cacciata A B della manovella A fa agire due barletti B D E, C F G mediante il pezzo B C, le cui estremità agiscono intorno a due cavicchie e questi innalzano alternativamente tutti gli stantuffi di ciascuno degli equipaggi opposti.

1338. Per esaurire le acque delle miniere di rame della Svezia, ove ne sono di quelle a straordinaria profondità, s'impiega in molte parti di quel regno la forza delle correnti che talora sono distanti più di una lega dal luogo del pozzo. Si avrà un'idea di ciò che si pratica in questo caso considerando la figura 3, ove si suppone che una corrente faccia girare la ruota A, al cui asse è una manovella che comunica il moto ad un barletto mediante un'asta pendente C B; questo barletto che è verticale e che si muove sopra un'asse D, tira alternativamente due catene E I, F K sostenute di distanza in distanza dai bilici H sostenuti da cavalletti R come nella macchina di Marly; queste catene traggono a sè alternativamente la testa di altri due I G N e K M L che fanno muovere le aste P, Q degli stantuffi corrispondenti al pozzo; quindi si vede che non trattasi se non di moltiplicare i cavalletti ed i bilici quant'è necessario, e che l'asse della ruota può avere due manovelle invece d'una che faranno agire quattro equipaggi di tromba.

1339. Per parlare anche delle macchine atte ad estrarre l'acqua dai pozzi domestici, la figura 4 ne rappresenta una eseguita nel Castello di Dares ad una lega e mezzo da Dieppe tempo fa molto considerevole per le citazioni che ne fa Mezeray. Benchè il pozzo sia molto profondo, nondimeno coll'ajuto della macchina si può estrarne comodamente bastante quantità d'acqua pel consumo della guarnigione che in tempo di guerra è numerosa. Questa macchina è composta di un albero verticale A, avente al vertice un rocchetto B su cui una corda fa un doppio giro; questa corda che passa su le carruccole corrispondenti ai pozzi porta un secchio grande attaccato a ciascuna delle sue estremità, di modo che quando uno sale l'altro discende.

Per dare il moto al rocchetto, il suo albero è munito di un'armatura di varj pezzi di legname che servono a sostenere sei braccia di leva, ciascuno di piedi 7 1/2 di lunghezza: ora siccome il raggio del rocchetto intorno cui si avvolge la corda non ha che 14 pollici, ne segue che la potenza non è che la sesta parte del peso; quindi applicando per l'estensione di un piede un uomo ad ogni leva la cui forza sia valutata 24 libbre, potranno insieme innalzare 13 piedi cubici di acqua; il che fa vedere che all'uopo ogni secchio potrebbe contenere un moggio e 1/2 d'acqua.

1340. La macchina rappresentata dalla figura 5, adempie allo stesso scopo della precedente, ma in modo più semplice, non essendo composta che di un verricello munito di due manovelle, perciò non mi trattengo appagandomi di dire che questa maniera di estrarre l'acqua dei pozzi è molto usitata nei Paesi Bassi.

1341. Le figure 6, 7 e 8 dimostrano pure una maniera di estrar l'acqua da un pozzo molto profondo eseguita al castello di Guisa. Per giudicarne si sappia che la soglia del pozzo elevata 8 o 10 pollici sopra il pianterreno porta un telajo C D su cui sono commesse 4 travi I, due delle quali poste nei punti G, G, mantenute dal traverso K su cui sono due ritti L, L aventi ciascuno una carruccola N di 9 pollici di diametro. Nel mezzo

della traversa E vi è una ralla di un albero mobile F avente un rocchetto H, su cui la corda del pozzo fa un giro e di là passa su le due carrucole N, N. Finalmente all' estremità di questa corda sono sospesi de' secchi che salgono e discendono alternativamente quando si fa girare il rocchetto H per mezzo della leva M attaccata al suo albero.

Non volendo lasciar nulla a desiderare sui diversi mezzi di estrar l'acqua dai pozzi molto profondi, ecco nuovi esempj di cui potrassi far uso; è vero che questo soggetto è ingrato, ma sacrifico alla utilità di esso la soddisfazione che potrei trovare a trattarne altri più suscettibili di curiose riflessioni.

1342. La figura 6, Tavola 4, rappresenta un pozzo coperto di un cappello sostenuto da quattro travi posati su dadi di pietre da taglio in cui sono alquanto innalzati. In questo pozzo è un verricello che serve di asse ad un tamburo B di 3 piedi di diametro su cui fa un giro una corda che termina a due grandi secchj; ad una delle estremità di questo verricello è una ruota incavata o timpano A di 13 piedi di diametro per 30 pollici di larghezza, acciò due uomini vi possano camminare di fronte come si fa in quelle delle grue. Nella soglia del pozzo sono piantati due pezzi di legno F per sostenere i canaletti G incavati ad arco di cerchio come vedesi nella figura 4 per ricevere l'acqua de' secchj e portarla nelle vasche di marmo D coperte e munite ciascuna di un robinetto.

Perchè uno de' secchj G si vuoti da sè mentre l' altro si empie, ciascuno di essi è attaccato con due perni ad un manico situato verso il mezzo della sua altezza, di modo che la parte inferiore si trova più pesante della superiore a cui si è attaccato un semicerchio di ferro che serve ad afferrare il secchio tosto che è giunto alla sommità del pozzo; nondimeno, siccome è difficile accomodare l' uncino in modo che non si perda molt' acqua quando il secchio comincia ad inclinarsi, mi sembrerebbe che il semicerchio di cui parliamo fosse meglio collocato verso il mezzo che alla sommità; giudicherassi della differenza di queste due operazioni considerando le figure 2 e 3 che ne esprimono l' effetto in grande.

La figura 5 è un castello d'acqua che dimostra in qual modo si possono distribuire le acque di una sorgente ai diversi quartieri d'una città; ma siccome questo soggetto appartiene al Quarto Capo, e questa figura non adempie esattamente al proprio scopo, prego il lettore a trascurarla, avendola data da incidere in un tempo in cui non aveva su la distribuzione delle acqua al pubblico tutte le cognizioni che poscia acquistai.

1343. Nel Trattato d' Architettura di Savot, si trova la descrizione di una macchina di cui si fa uso presso Angers per esaurire l' acqua dalle cave di Ardesia; quest' autore fa gran calcolo di questa macchina e dice *che non ne trova una nè più comoda nè di maggior effetto, potendo un cavallo estrarre da un pozzo di 22 tese di profondità 30 moggia d' acqua ogni ora*. È sorprendente che dopo quest' elogio non ne abbia dato il disegno appagandosi di darne la descrizione che deve aver inviata al presidente Jeannin; su questa descrizione ho tracciato la figura terza della Tavola 6 di cui ecco la spiegazione.

„Questa macchina è composta di una ruota dentata orizzontale B, il cui albero girante A sostiene un timone C lungo 14 piedi; questa ruota dentata di 12 piedi di diametro, ha 80 denti alla sua circonferenza, i

quali s' ingranano in una lanterna verticale F di 7 piedi di diametro, munita di 40 fusi. L' asse D di tale lanterna ha 10 pollici in quadrato per 28 piedi di lunghezza e serve a far girare un doppio fuso E di 3 piedi di diametro su cui s' avvolgono alternativamente le due corde che sono attaccate ai secchj H, a la prima figura ne rappresenta la disposizione quando sono prossimi ad essere afferrati e vuotati nel truogolo G.

1344. Ecco un' altra macchina ancora molto comoda per estrar l'acqua da un pozzo eseguita a S. Quentin in una casa privata: essa è composta di un verricello E avente nel mezzo un fuso F di 12 pollici di diametro, su cui la corda corrispondente ai due secchj G fa un doppio giro. Questo verricello è munito di una ruota dentata D di 3 piedi di diametro che si ingrana con una lanterna C di un piede, il cui asse ha un volante B per conservare l' uniformità del moto che la potenza comunica ad una manovella A di 12 pollici di gomito.

Secondo queste dimensioni tre giri di manovella ne faranno fare uno all'asse e il secchio salirà di un piede. In quanto al rapporto della potenza al peso vedesi che è come 1 a 6; quindi un uomo può facilmente innalzare due piedi cubici d'acqua. Non si sono indicati nella figura i pezzi che sostengono questa macchina, perchè bastava farne vedere il meccanismo, e perchè è facile immaginarli.

1345. La seconda figura rappresenta un modo di estrar l' acqua dai pozzi molto usato in Ispagna per adacquare i giardini. Bisogna sapere prima che in questo regno i pozzi dei giardini che non hanno d' ordinario se non 36 piedi circa di profondità, sono di figura elittica, il cui asse maggiore ha 12 piedi ed il minore 4; e che esiste una terrazza circolare di 7 ad 8 tese di diametro per 4 in 5 di altezza sopra il pianterreno rivestita di muraaione.

Al centro di questo terrapieno è un albero mobile C, figura 2, che serve di asse ad una ruota orizzontale A di 12 piedi di diametro munita di 55 cavicchie facenti le veci di denti che s' ingranano con quelli di una seconda ruota verticale B di 10 piedi di diametro posta nel pozzo E; le cavicchie di quest' ultima hanno 24 pollici di lunghezza e sporgono da due parti dei quarti, cioè 7 pollici da una parte onde ricevere l'impressione del rocchetto orizzontale e 13 dall' altra per portare un cappelletto con cui si esaurisce l' acqua; questo cappelletto, che si tuffa circa tre piedi nel pozzo, è composto di due grosse corde fatte ordinariamente con giunco del paese, distanti 3 pollici una dall' altra, su cui sono attaccate per le due estremità delle tazze di terra cotta fatte espressamente, o piccioli bariletti di legno di un piede di altezza per 5 pollici di diametro, distanti 6 pollici gli uni dagli altri, che si vuotano in una vasca D, d' onde l' acqua si scarica per un canale L nel serbatojo di distribuzione posto al piede della terrazza.

Per far muovere la macchina vi sono due pertiche F G, HI ciascuna di 18 piedi di lunghezza, attaccate alla sommità dell' albero girante, una delle quali serve ad attaccarvi un cavallo, l'altra a guidarlo.

1346. La figura 6 rappresenta una macchina simile alla precedente ma molto più comoda; essa è composta di una manovella A di 12 piedi di gomito munita di un volante B e di una lanterna C di 6 pollici di diametro, che s' ingrana coi denti di una ruota verticale D il cui dia-

metro si è di 4 piedi, e sul suo piano sono poste delle cavicchie formanti un fuso che porta un cappelletto i cui barili F si vuotano in un truogolo E; siccome il disegno ne rappresenta la disposizione delle parti con sufficiente naturalezza, non mi arresterò più oltre su ciò.

1347. Morel, da cui ebbi la macchina precedente, ne immaginò un'altra, per innalzar l'acqua mediante un peso, la quale è espressa dalla figura 5: egli suppone in primo luogo che il peso A di 800 libbre possa salire fino alla carrucola fissa M che lo sostiene, e che sia accompagnato da una carrucola di rimando, la quale fa sì che l'azione del peso non debba essere valutata più di 400 libbre, essendo applicato ad un verricello B di un piede di diametro intorno al quale si deve avvolgere la fune.

Ei suppone in secondo luogo che questo verricello sia accompagnato da due ruote dentate C, I, ognuna di 24 pollici di diametro, la prima delle quali s'ingrana in una lanterna D pure di 24 pollici; e che l'asse di tale lanterna sia comune ad un fuso F di 3 piedi di diametro che serve a portare un cappelletto il quale si scarica nel truogolo P.

Per innalzare il peso, Morel si serve di una manovelle F di un piede di gomito, munita di un bilancino G e di una lanterna H di 3 pollici di diametro che s'ingrana con la ruota I: ora siccome fra la potenza ed il peso vi sono quattro braccia di leva, il gomito cioè della manovella di 12 pollici, il raggio della lanterna H di 3/2, quello della ruota I di 12 e quello del verricello B di 6, vedesi che il peso starà alla potenza (74) come 16 ad 1; che per conseguenza l'azione del peso essendo ridotta a 400 libbre, la potenza non sarà che di 25 libbre, la quale è la forza che impiegherà un uomo applicato alla manovella per innalzare il peso.

Giova osservare che finchè la potenza fa girare la manovella F ed il verricello B, il cappelletto resta immobile, perocchè la ruota C che è munita di una ventola come ne' girarrosti è separata dal verricello.

Per valutare la quantità d'acqua che i bariletti N possono contenere dalla sorgente sino al vertice del fuso, bisogna considerare che fra l'azione del peso applicato al verricello ed al cappelletto, vi sono quattro braccia di leva, il raggio del fuso di 18 pollici, quello della lanterna D di 12, quello della ruota C pure di 12, e quello del verricello B di 6: d'onde si deduce che il peso di 400 libbre sta a quello dell'acqua che può contenere il cappelletto nello stato d'equilibrio come 4 sta ad 1; quindi i bariletti ascendendo potranno contenere unitamente 100 libbre di acqua, che bisognerà ridurre a 90 libbre per rompere l'equilibrio. In quanto al prodotto di questo cappelletto dipenderà dall'altezza a cui bisognerà innalzare l'acqua, considerando che la ruota C e la lanterna D avendo lo stesso diametro, la velocità del verricello B starà a quella del fuso F, come il raggio del primo sta al raggio del secondo o come 1 sta a 3; per conseguenza se la corda si svolgerà su la lunghezza di un piede, il cappelletto ne farà tre di cammino.

Aggiugnerò che per mantenere l'uniformità del moto la ruota C s'ingrana ancora con una lanterna K il cui asse è munito di una picciolo bilancino L: d'altronde non cito questa macchina e le precedenti che per fornire delle idee a quelli che si troveranno nel caso di farne costruire per lo stesso oggetto, perciò le ho trattate succintamente non essendo suscettibili di una teoria molto interessante.

1348. Se si volesse estrarre l'acqua di un pozzo per innalzarla molto al di sopra del pianterreno, si potrà farla salire primieramente per aspirazione fino ad una certa altezza e cacciarla poscia alta come si vorrà per mezzo delle trombe, i cui stantuffi corrisponderanno ad una manovella attaccata all'asse di una lanterna che s'ingranerà con un rocchetto orizzontale mosso da cavalli, come si fa al Regio Ospizio degl'Invalidi, col mezzo di uomini applicati ad una manovella semplice che fanno girare quella degli stantuffi mediante una ruota ed una lanterna di ferro; il che sarà facile da eseguire dopo tutto ciò che si è veduto nel corso di quest'opera sul modo di comunicare il moto alle trombe; perciò non ne do verun esempio, e termino con questo capo ciò che mi era proposto di dire su le macchine in generale.

Mi rimane a spiegare l'origine delle fonti, il modo di scoprirne le sorgenti e di condurne le acque, o con acquedotti o con tubi di specie diverse; le qualità e fabbriche di questi tubi; la situazione più conveniente delle vasche, dei robinetti, sfiatatoj, serbatoj e castelli d'acqua e delle fontane pubbliche; ma ciò troverassi nel capo seguente ove farò in guisa da non obbliar nulla di tutto ciò che è duopo sapere per dirigere e distribuire giudiziosamente le acque nelle grandi città; il che mi sono proposto di trattare con tanta maggior cura in quanto niessuno avendo scritto ancora sopra un oggetto così utile, coloro che sono incaricati a dirigere le acque sappiano ove trovare le cognizioni che loro sono necessarie.

CAPO QUARTO

DELLA RICERCA, CONDOTTA E DISTRIBUZIONE DELLE ACQUE.

1349. La maggior parte dei filosofi antichi e moderni hanno attribuito a cagioni diverse l'origine delle fonti; gli uni hanno creduto che l'acqua del mare penetrasse in canali sotterranei verso le diverse parti ove si veggono delle sorgenti, e nel filtrare a traverso il seno della terra depositasse il sale di cui è impregnata; non considerando che se ciò fosse, le fontane sarebbero sempre nello stesso stato, poichè il mare somministrerebbe ad esse in ogni tempo un'eguale quantità d'acqua; il che non succede essendo quasi tutte soggette ad aumentare e diminuire.

Altri hanno creduto che si elevassero dei vapori dal centro della terra che incontrandosi verso la superficie delle grandi cavità in forma di vòlte, vi si attaccassero come al cappello di un lambicco, e scolassero poi verso il braccio per formar le fontane; ma chi può credere all'esistenza d'un numero così grande di caverne, mentre ve ne vorrebbero tante quante sono le fontane; e quand'anche si volesse ammettere, sembrerebbe che i vapori ridotti in goccie d'acqua dovessero ricadere perpendicolarmente verso il punto da cui sono partite, oppure bisognerebbe necessariamente che sotto queste vòlte vi fosse un letto continuo di argilla o di pietre per ricevere queste goccie; e in tal caso i vapori come avrebbero potuto penetrare questo strato?

Altri seguendo un'opinione presso a poco simile, hanno sostenuto che l'acqua del mare scendesse negli abissi, dove un fuoco centrale la facesse bollire e la riducesse in vapore che innalzandosi verso la superficie della terra fosse condensata dal freddo e ridotta in acqua; che poscia scorresse in canali sotterranei; alla quale opinione se pure avesse del verosimile si potrebbe obbjettare che le fontane non diminuirebbero nei tempi secchi, e le pioggie non avrebbero verun influsso sul loro aumento.

1350. Senza arrestarsi di più alle diverse opinioni che sono state scritte su questo argomento, basta dire che il maggior numero dei dotti convengono presentemente che una parte dell'acqua piovana cadendo su la terra forma i torrenti, ingrossa i fiumi, e che l'altra parte penetra la superficie di essa fino a che incontra strati continui di argilla o di pietre che la fermano; che poscia fa forza verso il punto più basso per aprirsi un passaggio e forma una fontana più o meno abbondante secondo la natura del terreno che gli fornisce l'acqua; perciò d'ordinario se ne trova al piede delle grandi montagne.

L'acqua piovana e la fusione delle nevi fornirebbero adunque quelle delle fontane; e per dimostrarlo si appoggia all'esperienza, la quale dimostra che ingrossano dopo le pioggie abbondanti, diminuiscono sensibil-

mente e cessano talvolta quando da tempo considerevole non si ha pioggia; è noto d'altronde che nei paesi caldi si vedono poche fontane, mentre nelle Alpi e ne' Pirenei ove piove e nevica assai spesso, se ne trovano ad ogni passo.

1351. La fontana somministrando l'acqua alle correnti, Mariotte dà un calcolo per provare che le acque piovane cadute per un anno nei contorni della Senna e degli altri fiumi ch'essa riceve dalla sua sorgente fino a Parigi, è più che bastante per la quantità d'acqua che passa sotto il Ponte reale; ma senza entrare in questo dettaglio, è noto per le osservazioni che si fanno di continuo all'Osservatorio Reale, che quattro tese quadrate di tetto misurate orizzontalmente, ricevono d'ordinario una tesa cubica di acqua nel corso di un anno; quindi supponendo la lega comune di 2400 tese, la lega quadrata avrà 5760000 tese quadrate, che divise per 4 danno 1440000 tese cubiche d'acqua per la quantità che le pioggie spandono sopra una lega quadrata. E supponendo che i due terzi di questa stessa quantità si riducano in vapori, dopo aver bagnata la terra, il terzo che rimane sarà più che sufficiente per mantener l'acqua delle fonti che potranno essere nell'estensione di una lega.

1352. Il ragionamento di Mariotte sembra confermato da un'esperienza del Maresciallo di Vauban, il quale ha fatto portare sopra una piazza di grande estensione e di terreno solido e difficile a penetrare, uno strato di terra alto 5 o 6 piedi, sotto la quale col tempo si è formata una fontana con la sola filtrazione delle acque piovane. D'altronde, benchè propenda assai per quest'ultima opinione, non pretendo sostenere che sia l'unica cagione dell'origine delle fontane, non volendo impegnarmi in una dissertazione appartenente piuttosto alla fisica che al mio argomento.

1353. Il tempo più adatto a fare le ricerche delle acque sotterranee è il mese di agosto, settembre ed ottobre, perchè se allora se ne trova, si è certi di averne nelle altre stagioni; d'altronde la terra essendo secca, i suoi pori sono più aperti e lasciano un libero passaggio alle esalazioni che indicano le vene d'acqua.

Principalmente lungo il piede delle montagne che guardano il Settentrione fa duopo cercar le sorgenti, e si può sperar pure di trovarne lungo quelle che sono esposte ai venti umidi, come sono in Francia quelle che vengono d'Occidente, su la qual cosa giova osservare che le montagne molto ripide forniscono meno acqua delle altre; al contrario quelle che hanno un pendio dolce e sono coperte di verdura rinchiudono d'ordinario una quantità di vene d'acqua abbondanti, fresche e salubri, perocchè le pioggе e le fusioni delle nevi ne formano un grande ammasso che si conserva e si filtra.

Per discoprire le acque sotterranee fa duopo prima dell'alzata del sole coricarsi boccone in guisa che la vista si stenda su l'orizzonte; e se si vede una colonna di vapore elevarsi ondeggiando in un luogo ove non siavi umidità cagionata da acque stagnanti è un indizio che scavando vi si troverà dell'acqua, e si potrà avere lo stesso indizio se si vedono nuvole di moscerini volar presso terra e sempre nello stesso luogo.

Ne' luoghi in cui si sospetta esservi dell'acqua si può anche scavar un picciolo pozzo di 3 piedi di diametro e 5 o 6 di profondità, passarvi al fondo un tino rovesciato e spalmato d'olio internamente, poscia chiu-

dere la bocca di questo pozzo con alcune tavole coperte di terra; se all' indomani si trovano delle gocce d'acqua attaccate entro il tino è un indizio certissimo che questo luogo contiene delle vene d'acqua, e per più assicurarsene puossi metter della lana entro il tino per vedere se contenga umidità.

Si fa uso talvolta di un ago di legno composto di due pezzi uno dei quali deve essere poroso e facile ad inzupparsi, come l'ontano, che si pone di mattino in equilibrio sopra un asse sul luogo ove si sospetta essere dell'acqua; allora se effettivamente ne esiste, i vapori penetreranno l'estremità dell'ago e la faranno inclinare verso terra.

Finalmente i segni più semplici indicanti le vene d'acqua sono i giunchi, le canne, l'argentina, l'ellera terrestre ad altre erbe acquatiche che crescono in certi luoghi senz'essere nodrite da acque stagnanti.

1354. Ecco l'occasione di disingannare gli ammiratori delle pretese maravigliose virtù di una certa verga forcuta chiamata comunemente *bacchetta divinatoria*, con cui pretendono che si possano scoprire non solo le sorgenti, ma l'oro, l'argento e gli altri metalli nascosti nel seno della terra, ed anche il cammino percorso da un assassino o da un ladro, e distinguerlo dovunque sia, senz'altre cognizioni tranne i segni che darà la bacchetta, la quale veramente non ha queste virtù che nelle mani degl'impostori o di chi è disposto a creder tutto.

Molti antichi scrittori hanno parlato di questa bacchetta come di una maraviglia, come Neusio, Varrone, Agricola, Cicerone ed altri; e sembra che dai loro scritti si sieno prese le idee chimeriche che si ebbero dappoi su tale materia. Non sorprende che nei tempi gentileschi ove si credevano cose anche più ridicole, si potesse prestar fede a tutto ciò che si pubblicava della bacchetta; ma in un secolo così illuminato com'è il nostro non si può perdonare ad autori gravi, come i padri Schott, Dechales, Kircher, e l'abate di Vallemont e tanti altri di averne parlato come di un fatto di cui non si poteva ragionevolmente dubitare (1).

1355. Ciò che ha molto contribuito ad aumentar a' dì nostri il numero dai partigiani della bacchetta, sono i prodigi che diconsi da essa operati nelle mani di un certo paesano di Saint Verran, presso Saint-Marcellin nel Delfinato, chiamato Giacomo Aimar, che si è recato a Parigi nel 1693, ove fece molto strepito, avendo avuto l'arte di persuadere ad un grandissimo numero di persone ed anche della prima considerazione, ch'egli aveva la virtù per mezzo della verga presa indifferentemente in qualunque specie di legno, di scoprire le sorgenti, i tesori nascosti, i ladri e gli assassini; che un giorno avendo la bacchetta nelle mani per cercare dell'acqua nella sua vicinanza essa erasi improvvisamente abbassata in un certo luogo, dove fatto scavare trovò invece di acqua il cadavere di una donna stata strangolata, il che gli fece presumere che se la bacchetta si volgeva verso il cadavere degli assassinati poteva anche dar qualche indizio quando fosse presso all'assassino, e diceva che il fatto avea confermato la sua opinione, mentre inseguitò l'assassino per più di 45 leghe senza altra guida tranne la sua bacchetta lo raggiunse finalmente a Lione, e riconobbe che era il

(1) E davvero non si può perdonare a Belidor d'aver perduto tanto tempo a confutare tali ridicolaggini. *Gli E.*

marito di quella donna. Che dopo questo tempo aveva scoperti molti altri assassini ch'ei sapea distinguere fra gl'innocenti, perocchè la bacchetta piegava verso i rei mettendo il proprio piede sopra uno di essi.

Si può ben giudicare che un tratto così rinomato facesse molto strepito, senza che nessuno si prendesse la pena di scrutinare la verità del fatto che nondimeno sembrava molto semplice. Giacomo Aimar poteva avere qualche sospetto dell'assassino, cercare e scoprire naturalmente il luogo ov'era stata sepolta questa donna, sospettare del marito piuttosto che di un altro, perchè era fuggito, seguirlo dietro indizj procorati per via, incontrarlo dopo 45 leghe, e tuttociò senza ricorrere al prodigio: ora siccome coloro che decantano le virtù della bacchetta si appoggiano all'autorità del gran personaggio di cui parliamo, si saprà qual conto farne quando si conoscerà il fatto seguente.

1356. Colbert avendo sentito le maraviglie pubblicate da Giacomo Aimar, volle che l'Accademia delle Scienze vedesse quest'uomo, ed incaricò l'Abate Gallois di presentarlo; avendolo condotto nel cortile della Biblioteca del re ove allora l'Accademia teneva le sue sedute, l'Abate Gallois mostrò a Giacomo Aimar, in presenza dell'Assemblea che era alle finestre, una borsa piena di luigi d'oro che Colbert gli aveva mandato, gli disse che entrava nel giardino per nasconderla, e che si vedrebbe poi s'ei la scoprisse: dopo avere smossa in qualche luogo la terra, tornò all'Assemblea e disse a Giacomo Aimar che poteva andar a cercarla nell'area stata lavorata e lo fece entrare nel giardino ove lo chiuse; qualche tempo dopo si fece aprire il cancello e Giacomo Aimar, lagnandosi perchè l'avevano lasciato rinchiuso sì longo tempo, disse all'Assemblea che la borsa era al piede del muro dalla parte dell'Orologio; allora l'Abate Gallois, che invece di seppellire la borsa l'avea destramente consegnata ad un suo amico prima anche d'entrar nel giardino onde levare ogni pretesto, la ripigliò e mostrolla a Giacomo Aimar per convincerlo della sua impostura; questo ciarlatano, vedendo con quai gente avesse a che fare, ritirossi per non tentare migliori schiarimenti; tutta l'assemblea lodò Gallois d'averla liberata da quest'uomo che dopo tale avventura tornò subito al suo paese.

1357. Chi è preso da maraviglia non lo è mai mezzanamente, e non vi è impudenza che non sia disposto a credere; non bastava di aver attribuite alla bacchetta le magnifiche virtù da noi menzionate, si è creduto che ne mancasse una e le si è data. Pretendesi che col suo mezzo si possano distinguere le ossa dei santi canonizzati da quelli che non lo sono e che in tal modo la figlia di un certo Martino mercante di Grenoble scoperse delle reliquie.

1358. Senza dire della costellazione sotto cui fa d'uopo esser nato per far uso felicemente della bacchetta divinatoria, credo che ognuno ne potrà usare tanto bene quanto Giacomo Aimar, quando si attenga al modo seguente che ho creduto accompagnare colle principali cerimonie prescritte dagli autori che impiegarono i loro studj a dare delle istruzioni su questo interessante soggetto.

Bisogna scegliere una forchetta di nocciuolo forte e rosso, tagliando con un sol colpo verso il 22 di Giugno, quando il sole entra in Cancro e se si può, scegliere il tempo del plenilunio e meglio ancora un mercoledì all'ora planetaria di mercurio; per far bene bisogna che i due rami della

forchetta abbiano 3 o 4 linee di diametro, 12 o 20 pollici di lunghezza, e che l'asta ne abbia 22 o 23 in guisa che le tre parti della bacchetta compongano un Y; e per farne uso impugnare le due braccia in guisa che il cavo delle mani guardi il cielo ed innalzarle all'altezza delle spalle, osservando di mantener l'asta paralella all'orizzonte, quindi si cammina a passo grave e moderato verso il luogo ove la bacchetta deve dare i suoi oracoli; così la teneva Giacomo Aimar quando andava, come diceva, a fare qualche scoperta. Ciò che vi è di vero si è che appena si sarà messa in tale situazione, si sentirà che farà uno sforzo per inclinarsi e che si sarà costretti ad impiegare tutta la propria forza per mantenerla orizzontale e che forse non vi si giugnerà; perocchè appena esce da questa direzione segue essa la presa direzione o verso il cielo o verso la terra fino all'istante in cui ha toccato la verticale; questo è un fatto che io non contesto: ma è essenziale osservare che siccome questo moto può essere cagionato dall'estendersi delle fibre del legno essa gira indifferentemente in tutti i luoghi ove trovasi collocato chi la tiene, benchè si abbia tutta la certezza che nei dintorni non vi sieno nè sorgenti, nè tesori nascosti. Ora siccome dal modo di tenerla dipende principalmente la sua virtù di volgersi o no, succede che quando coloro che pretendono possedere questa maraviglia scoprono nella campagna de' segni solamente naturali che d'ordinario accompagnano i luoghi ove esiste dell'acqua, si volgono a quella parte ed a misura che progrediscono serrano più strettamente le braccia; allora la bacchetta s'inclina ed annunziano con confidenza che non si ha che a scavare e troverassi l'acqua, il che ogni altro avrebbe potuto indovinare del pari.

1359. Se vedesi che la bacchetta agisce fra le mani di certuni e non fra quelle di altri, quest'ultimi con un poco d'esercizio saranno al pari specialmente se hanno cura di sperimentare diverse bacchette per trovarne una la cui grossezza convenga alle mani loro ed al loro grado di calore affinchè il succhio possa agire su le fibre; potranno anche servirsi di qualsiasi legno e far volgere la bacchetta al cielo od alla terra senza che sia necessario « che le parti acquose ed i vapori che esalano dalla terra s'insinuino nell'asta del braccio forcuto per cacciarne l'aria o la sostanza » di mezzo, *che secondo Regnault ne' suoi Trattenimenti fisici*, ritorna all'asta, gli dà la direzione dei vapori e la fa pendere verso terra per avvisarvi che sotto i vostri piedi vi è una sorgente di acqua viva, per la ragione, ei dice, che d'ordinario i rami degli alberi che sono lungo i fiumi o » sul margine delle fonti pendono verso l'acqua, perocchè manda ad esse » delle particelle acquose che cacciano l'aria, penetrano nei rami, gli aggravano, gli affaticano unendo il proprio peso a quello nell'aria superiore, e finalmente li rendono paralelli quanto si può alle picciole colonne di vapora » che s'innalzano dalla superficie dell'acqua; quindi i vapori che s'insinuano nelle piante con tanta facilità penetrano nella bacchetta e la fanno » inclinare; che se questa bacchetta non ha lo stesso effetto nelle mani » di ognuno ciò proviene da questo che una traspirazione di corpuscoli » abbondanti, grossolani, usciti dalle mani e dal corpo, e spinti rapidamente, può rompere e divertire il volume o la colonna dei vapori che » s'innalzano dalla sorgente o turare in guisa i pori e le fibre della bacchetta che sia inaccessibile ai vapori, e senza l'azione dei vapori la bacchetta non dirà nulla ».

1360. Per non arrestarmi di più sopra un sì frivolo argomento, dirò che si può conchiudere essere queste bacchette come il famoso dente d'oro che fece tanto romore in Germania. Sul finire del secolo decimosesto un uomo di Slesia, volendo approfittare della credulità popolare, annunziò un fanciullo di 7 anni cui la natura avea donato un dente d'oro, e subito si concorse da ogni parte a vedere questa maraviglia; molti scienziati credettero che un fenomeno così straordinario meriterebbe di essere spiegato con dissertazioni fisiche; la differenza delle opinioni fece nascere al solito grandi dispute, e gli scritti erano già grandemente moltiplicati, quando un orefice, senza curare l'opinione dei filosofi, volendo giudicarne da sè, scoperse che il dente così vantato non differiva dagli altri che per una foglia d'oro applicata ad arte. Sembra che dapprima si avrebbe dovuto esaminare la cosa, ma nulla affatto, si cominciò invece a fare dei libri, e nessuno osò sospettare la verità del fatto. Quante opinioni ricevute dalla moltitudine si troverebbero nel caso del dente d'oro, se fossero bene esaminate?

1361. L'amore ch'ebbi sempre pel vero m'ha fatto desiderare da lungo tempo che qualche valente scrittore ci desse una storia dei pregiudizj volgari, che ne facesse vedere l'origine, i progressi e gli errori in cui apposero gli uomini di ogni nazione; quest'opera si potrebbe rendere molto dilettevole essendo suscettibile di tutte le amenità di uno stile giocoso con cui si è certi d'istruire e di piacere. Dopo questa digressione che mi ha distratto più che non credeva, torno al mio soggetto, e riferirò i segnali onde si può conoscere la buona e cattiva qualità dell'acqua.

1362. Il miglior modo di conoscere la buona qualità dell'acqua secondo Vitruvio e Perrault suo commentatore è di vedere se le persone che d'ordinario ne bevono sono robuste, di buon colorito, esenti da flussioni agli occhi o da mali nelle gambe. In molte provincie di Francia e di Savoja, e specialmente nella vallata della *Morienna*, si vedono villaggi interi i cui abitanti sono incomodati dal gozzo, gonfiezza che viene al collo e che portano fino alla tomba; alcuni l'hanno dal mento fino alla pancia, il che li rende estremamente deformi e ve ne sono di quelli che hanno la voce così soffocata che si fatica ad intenderli; l'opinione generale, che è pur quella di Vitruvio, si è che tale incomodo sia cagionato dalla cattive qualità delle acque.

Per conoscere la bontà dell'acqua di una fontana di recente scoperta, Vitruvio insegna di versarne qualche goccia sopra buon pezzo di rame e se non lascia macchia, sarà potabile; lo stesso dicasi se cuoce prontamente i legumi.

Perrault nelle sue note dice che la leggerezza dell'acqua deve essere considerata come il segno più certo della sua bontà; ma la difficoltà consiste nel poter giudicare dalla picciola differenza che si trova nel peso di molte acque dello stesso volume. Aggiugne che dopo varie sperienze non ne trovò di migliori della soluzione del sapone, perocchè quelle che lo stemprano facilmente e divengono bianche come il latte sono più leggiere e migliori di quelle in cui non si può sciogliere che in particelle bianche che vi nuotano dentro.

Le sorgenti che escono dal fondo delle vallate sono d'ordinario pesanti salmastre, tiepide, e spiacevoli a meno che non vengano dai monti; quelle che si trovano nell'argilla non sono di miglior gusto: quelle che escono dalla

sabbia mobile sono d'ordinario limacciose e spiacevoli; all'incontro quelle che escono dal sabbione maschio, dalla ghiaja o dalla pietra sono abbondanti e di eccellenti qualità.

1363. Quando si vuol avere molt'acqua si scavano nel terreno, ove si sospetta che ve ne sia, dei piccioli pozzi distanti 25 o 30 passi, gli uni dagli altri, si congiungono con tagli che ricevono le filtrazioni dell'acqua e le conducono verso il luogo ove si vogliono raccogliere. Prima di cominciare questo lavoro si fa una livellazione onde approfittare del pendìo che il terreno potrà presentare naturalmente, o per darne uno al fondo della fossa osservando quanto si può di costeggiare i monti perchè le acque che ne provengono sono copiose e salubri; ma nell'approfondarsi fa duopo guardar bene di traforare gli strati di tufo o di argilla che ritengono l'acqua, altrimenti si potrebbe perderla. Bisogna prendere molte precauzioni per non fare lavori inutili che passo sotto silenzio, perchè un po' di pratica ne insegnerà più che tutte le istruzioni che potrei dare su ciò.

1364. Dopo avere scavata la fossa a conveniente profondità, e dato alle terre un pendìo proporzionato alle loro qualità, regolato il pendìo del fondo e cavate di distanza in distanza a destra ed a sinistra delle ramificazioni a forma di palma per raccogliere più acqua che si potrà, si stende sul fondo uno strato di argilla ben battuto, poscia si costruiscono le sponde con due muri di pietra a secco, grossi un piede con 18 pollici d'altezza, con zolle per la luoghezza onde formare un picciolo canale di 8 a 9 pollici di larghezza verso l'origine del fosso che si allarga a misura che la condotta è più lunga e le acque divengono più abbondanti; ma non si è padroni di dare a questo canale la larghezza che si vuole, perocchè essendo poscia ricoperto da lastre di pietra che debbono avere almeno 3 pollici di grossezza, non si è sempre nel caso di averne di bastantemente larghe; quindi le acque che filtrano dalle zolle non trovando ostacoli passano per le commessure delle pietre e si riuniscono nel condotto. Sopra le lastre si posano delle zolle rovesciate per impedire che nel coprire la fossa nulla ricada sul fondo. Un buon operajo ed il suo manuale possono fare 6 o 7 tese di questo coperto in un giorno se sono provveduti di buoni materiali.

1365. Giova osservare che di 50 in 50 tese fa duopo scavare dei pozzi di 3 piedi di diametro per 5 o 6 di profondità, misurati sotto il fondo del condotto; questi pozzi sono destinati a ricevere la sabbia e la belletta che le acque trascinano seco; perciò bisogna rivestirli di buona murazione in mattoni inviluppata di uno strato di argilla acciò l'acqua non si perda, ed essendo sempre pieni possa l'acqua stessa riprendere il suo corso nel canaletto seguente.

Questi pozzi sono coperti di una piatta forma coperta di terra; e siccome devono essere espurgati due volte l'anno, per conoscerne la situazione, bisogna munirli di termini con gli stemmi dei loro proprietarj ed avere una pianta esatta del cammino che terrà il condotto.

È essenziale sorvegliare che non sia scavato nessun pozzo lungo la via che seguono i condotti, che potrebbero stornarne le acque e che non si faccia veruna piantagione nelle vicinanze, pel timore che col tempo le radici giungano fino al canale, distruggano il muro e facciano rifluire l'acqua per altri canali.

1366. Dopo aver attraversato il terreno che fornisce dell'acqua si ado-

prano condotti per proseguire a dirigerla fino al luogo ove si vuole ricapitarla il che si può fare semplicemente con tubi di legno o di arenaria, quando per via non s'incontra nè fondo, nè eminenza considerevole, ma soltanto declivj ed ascese dolci lungo le quali l'acqua non è compressa tanto da mettere questa specie di condotti in pericolo di scoppiare, altrimenti bisognerebbe adoperarne di ghisa per fare il restante del condotto o servirsene soltanto ne' luoghi che ne richiederanno indispensabilmente.

1367. Per fare nuovi tubi di legno si fa uso di tronchi di alberi di quercia, d'olmo e d'ontano più lunghi e più grossi che si possono trovare, in guisa che essendo traforati con un foro, il cui diametro sia di conveniente grandezza per la quantità d'acqua che vi deve passare, il tubo abbia almeno un pollice di spessore non compresa la corteccia e l'alburno; si traforano questi tronchi come si fanno i mozzi delle ruote, cominciando dapprima con un picciolo diametro che poscia si aumenta adoperando trivelle più grosse. Un operajo può traforare 6 tese di tronchi d'olmo o d'ontano con un foro di due pollici di diametro in un giorno, e soltanto una tesa di legno di quercia.

Per congiugnere insieme i tubi di legno si appunta l'estremità di uno e si allarga il diametro dell'altro onde poter innestarli insieme per una conveniente profondità come si può vedere nella Tavola 5, Capo 2, del libro secondo. Per maggior solidità fa duopo armare l'estremità di ciascun tubo che riceve quella dell'altro, e perchè l'acqua non si perda s'intonacano di mastice a freddo il quale è composto di grascie di montone battuta in un mortajo con polvere di mattone finchè se ne possa fare delle pallottole molli come la cera che adoprano gli scultori; e quando si trovano fori o fenditure per cui sfugge l'acqua, vi si cacciano cunei di legno avvolti di filacce intonacati collo stesso mastice.

1368. I migliori tubi di arenarie si fanno a Savigny presso Beauvais, essi d'ordinario hanno 2 piedi di lunghezza e s'innestano gli uni negli altri per la profondità di 3 pollici; i loro calibri sono dai 5 fino ai 3 pollici. Quando questi tubi hanno circa 7 linee di spessore possono resistere al peso di una colonna d'acqua alta 25 piedi.

Per commetterli si prende del cemento stacciato o sabbia fina, o scoria di ferro priva di carbone e che si mette in egual quantità, con ragia di pino e pece greca fusa, e quando comincia a bollire si mescola fortemente spandendovi sopra della polvere di cui si è parlato, finchè si vede che il composto fila come la trementina; si versa, in un vaso per lasciarla raffreddare e poscia si rompe in pezzi che si fondono quando se ne vuol far uso; che se si scoprisse che il mastico è troppo magro per ben unirsi ai tubi, bisognerebbe nel fonderlo mescolarvi grascia di montone od olio di noce. Cento libbre di questo mastico costano circa 12 franchi e ne occorrono presso a poco tre libbre per ogni nodo di tubi di 4 pollici di diametro e così degli altri in proporzione dei loro calibri. Questi nodi si formano con filacce e ne occorrono 3 libbre circa ogni 100 tese di tubi; si accerta se i nodi sono ben fatti, staccando a leggeri colpi di martello il mastico che si è impiegato onde vedere se è bene incorporato coll'arenaria

Quando i tubi hanno 5 o 6 pollici di diametro son troppo grossi per essere commessi con mastice a fuoco per la difficoltà di riscaldarli e di fare buoni nodi; allora si fa uso di un altro mastice composto di calce,

di cemento in polvere onde si munisce l'interno della scatola e il di sopra della vite che si spinge volgendola da una parte e dall'altra finchè i loro orli si tocchino ed il cemento rigurgita; allora si adopera quello che esce per farvi un nodo.

Taccio che prima di porre a filo i tubi bisogna spianare il terreno onde addolcire quant'è possibile tutto ciò che può fare ostacolo al libero passaggio dell'acqua, osservando d'internare i tubi in una fossa bastantemente profonda acciò il gelo non vi possa penetrare. Aggiugnerò che in qualunque modo si faccia il condotto non si deve punto empiere lo scavo se prima non si sono sperimentati i tubi per vedere se s'incontrano difetti per dove l'acqua si potrebbe perdere; perciò si tura il condotto nel punto più basso e gli si fa sostenere lo sforzo di una colonna d'acqua di qualche piede più alta che quella che vi deve scorrere.

1369. I tubi di ferro non sono in uso che dal 1672. Francini pensò pel primo a farne di questa specie; la loro lunghezza è d'ordinario 3 piedi: con un numero di labbri presso a poco proporzionali ai loro diametri, prima di congiugnere un tubo all'altro si esamina se le labbra hanno alcuni grani di ferro che si dovrannò staccare, o qualche irregolarità che impedirebbe di congiungersi immediatamente le labbra, perciò fa duopo che le labbra si gettino talmente sporgenti che vi sieno due linee prima che si tocchino onde supplire alle ineguaglianze che si opporrebbero alle loro congiunzioni, il che non si fa che dopo avere steso su le labbra uno strato di malta a freddo che s'accompagna di una animella di cuojo; poscia si adoprano viti a dado composte di buon ferro.

1370. Quando il ferro fuso è di buona qualità come quello che si trae dalle fucine di Normandia, si danno 4 linee di spessore ai tubi di 4 pollici di diametro; 5 linee a quelli il cui diametro è 6 pollici, e così degli altri di 8, 10, 12 pollici ecc., il cui spessore cresce di una linea a misura che il diametro aumenta di due pollici. Del resto bisogna guardarsi bene dal ricevere questi tubi dalle fucine senza averli visitati bene, per vedere se hanno dovunque uno spessore eguale e se sono privi di scaglie.

Ecco i pesi ed i prezzi della tesa lineare dei tubi di diversi calibri della fabbrica di Normandia, datimi da l'Epine controllore della macchina di Marly.

Diametro in pollici	peso in libbre	prezzo ogni tesa, in ragione di lir. 125 al mille		
4	160	lire 20	—	—
4 1/2,	180	22	lire 10	soldi
5	230	28	15	
5 1/2,	250	31	5	
6	270	33	15	
8, a 4 viti,	320	40	0	
8, a 6 viti,	430	53	15	
12, a 6 viti;	700	87	10	
18, ad 8 viti,	1100	137	10	

Vi sono pure delle fucine nella Sciampagna in cui si fabbricano tubi di ferro: ne ho veduto di 3 pollici di diametro a 3 viti, che pesavano 180 libbre ogni tesa, e costavano 125 lire al mille, il che dà 22 lire e

10 soldi ogni tesa. Non parlerò qui dei tubi di piombo, perchè non se ne fa uso in campagna aperta essendo di granda spesa e troppo esposti ad essere rubati. Mi riservo ad estendermi su tutto ciò che appartiene ad essi parlando della condotta delle acque nelle città; frattanto giova osservare che se si è costretti a formare uno o più gomiti in un condotto di tubi di legno, di arenaria o di ferro, non si può far a meno di servirsi di un tubo di piombo a cui si dà la curva necessaria per formare la congiunzione degli altri per mezzo dei rialzi e delle labbra.

1371. Di qualunque specie sieno i condotti bisogna tratto tratto farvi degli spiragli di distanza in distanza per esperimentare le parti che tengono o che perdono l'acqua; questi spiragli non sono altro che piccioli pozzi o cammini per cui si scopre il tubo onde scaricar l'acqua; si pratica al fondo un pozzo perduto per riceverla quando si vuol asciugare una parte del condotto; e perciò conviene, quando i tubi hanno dei declivj e delle ascese, fare gli spiragli nei luoghi più bassi a preferenza degli altri. Torneremo in seguito su tale argomento.

Siccome l'aria che trascina seco l'acqua cagiona sovente la rottura dei tubi, sogliono praticare degli sfiatatoj nei luoghi eminenti per lasciarla sfuggire; questi sfiatatoj non sono altro che un tubetto verticale piantato sul condotto che si appoggia contro un albero, un palo od un muro; si lascia sempre aperto e si cura soltanto di ricurvarne l'estremità acciò non vi cadano entro immondizie, e s'innalza alcuni piedi più alto del livello della destinazione delle acque; ma quando questa elevazione è troppo grande basta mettere lungo il condotto dei robinetti che si aprono quando le acque essendo state scaricate per qualche ristauro si vogliono rimettere in corso, e si chiudono uno dopo l'altro a misura che vi giugne l'acqua; così l'aria è cacciata innanzi senza poter resistere alla corrente dell'acqua avendo la libertà di sfuggire per gli sfiatatoj che si trovano aperti.

Siccome questi robinetti non servono che ad evacuare l'aria quando si vogliono empire i tubi, e sarebbe molto incomodo il dover aprire quelli che corrispondono alla parte del tubo in cui l'aria trascinata seco dall'acqua trovasi contenuta, si può ad ogni spiraglio saldare sul condotto un'estremità di tubo verticale di 4 in 5 pollici, chiuso da una valvola caricata di piombo per essere in equilibrio col peso della colonna d'acqua acciò non possa aprirsi che per lo sforzo di cui potrà esser capace l'elasticità dell'aria condensata che sfuggirà da questo sfiatatojo in circostanze presso a poco simili a quella dell'art. 1298.

1372. Talvolta nell'interno dei tubi si formano delle radici provenienti a quanto sembra da grani che l'acqua seco trascina e depone nelle piccole cavità in cui vi è della terra; queste radici che i fontanieri chiamano *code di volpe* si moltiplicano tanto che giungono ad empiere la capacità del tubo.

Si formano pure delle petrificazioni o tubercoli cagionate dal limo sabbioniccio che l'acqua conduce, il quale fermandosi alle parti sporgenti delle pareti, vi si attaccano e s'ingrossano a forza di sovrapposizioni fino a turara totalmente il condotto. Ho veduto dei cilindri di 6 pollici di diametro componenti un corpo duro come la pietra provenienti dalle petrificazioni che si erano formate nel condotto delle acque d'Arcueil, che non potevano più scorrere che per un diametro di 9 in 10 linee.

Le petrificazioni nascono d' ordinario nei gomiti che bisogna fare nei condotti, perciocchè l'acqua scolando con minore velocità essa ha maggior tempo per deporre la sabbia di cui è impregnata. Il solo rimedio a tale inconveniente è quello di raddolcire i gomiti facendo far loro una porzione di circonferenza che abbia il maggior raggio possibile ed aumentare la grossezza del condotto in questo luogo onde supplire agli ostacoli che si oppongono al corso naturale dell' acqua.

Quando si sospetta che succedano ingorghi in qualche punto di un condotto possiamo accertarcene attaccando all'estremità di una doppia funicella un pezzo di sughero proporzionato alla grossezza del tubo; allentarla nell' acqua per vedere se uscirà al primo spiraglio, o avendo portato uno dei capi della funicella vi si potrà attaccare qualche stromento atto a distogliere tutto ciò che potrebbe formare un ingorgo. Che se s' incontrasse una petrificazione forte così da fermare assolutamente il pezzo di sughero esso almeno indicherà il punto che bisogna rimediare, e che sarà facile distinguere per mezzo della lunghezza della funicella che corrisponde al pezzo di sughero.

1373. Quando si è costretti a far passare dei condotti per un' eminenza molto più alta della sorgente, che per seguire il pendío che deve aver l'acqua costringe a fare una fossa molto profonda, non si può prescindere dal porle in un acquedotto di murazione in forma di cunicolo ove si possa operare liberamente; perciò fa duopo che la volta sia tratto tratto traforata da osservatorj onde spiare i difetti senza essere costretti ad andare lungamente a tentone scavando fosse considerevoli.

I tubi debbono essere posati su pilastretti alti due piedi sopra il fondo per comodo degli operaj: siccome non vi è molto da dire su questa specie d'acquidotti che sono comuni ad ogni specie di murazione sotterranea, non mi vi arresterò di più; aggiugnerò soltanto che necessita il farne su le grandi strade per guarentire i tubi che non sieno schiacciati dalle scosse delle vetture, facendo conoscere l' esperienza che i migliori di ghisa non vi resistono.

Si può anche far uso di acquidotti sotterranei per condur l'acqua naturalmente fino al suo destino, senz' essere costretti a servirsi di tubo quando il terreno lo permette: in tal caso si ha un piccolo canale ben pavimentato in malta di cemento nel fondo dell' acquidotto munito di due banchette per farne la visita o facilitarne lo spurgo.

1374. Uno de' più begli acquidotti sotterranei che si abbia in Francia è quello di Arcueil che serve a condurre in un rigagnolo l'acqua di molte fosse fatte di pietra nelle campagne di Rongis, Paret e Coutin; quest' acquidotto ha 7000 tese di lunghezza; è costrutto in pietre di taglio dalle valle d'Arcueil fino al castello d' acqua che è alla porta di S. Giacomo: il suo declivio è di 6 pollici per 200 tese, e il rivo è accompagnato da due banchette larghe 18 pollici su cui si può camminare fino sopra il villaggio d'Arcueil. L'altezza sua dal fondo del rivolo fino sotto la chiave è di 6 piedi, eccetto in alcuni luoghi in cui si dovette darne meno per essere soggetti alle grandi strade sotto cui passa.

1375. Un altro acquidotto di questa specie è quello di Rocqnancourt che conduce l' acqua a Versailles; la sua lunghezza è 1700 tese con tre piedi di declivio in totalità, che è tutto ciò che si è potuto dargli. Per

costruirlo si dovette in molti luoghi far delle fosse di 14 tese di profondità, il che rese l'esecuzione difficilissima. Si fecero 150 spiragli nella lunghezza di questo acquidotto, i quali non erano situati a distanze eguali, ma soltanto ne'luoghi che potevano facilitare il trasporto dei materiali; 80 furono rivestiti di muratura e gli altri 70, che dovevano servire unicamente durante il lavoro, furono armati in legno e serrati poi con una murazione a volta coperta di terra fino al livello della campagna.

Quest' acquidotto ha costato 325000 lire, e non ha dato che 6 pollici d'acqua dal 1675 al 1678, e talvolta ne diede 5, 4, 3, 2, secondo che erano di maggior durata le siccità; ma nel 1685, alla testa di quest'acquidotto fu aperto uno stagno per essiccare una campagna chiamata la *Bocca d'Inferno*, e d'allora in poi diede 10 a 12 pollici d'acqua, il che sembra confermare l'opinione che l'acqua piovana dia origine alle fontane.

1376. Quando si trova facilità a condur l'acqua in un rigagnolo, e non si possa a meno di farlo attraversare valli profonde bisogna necessariamente per continuare il livello del declivio, sostenere le acque sopra acquidotti di muratura sorretti da arcate: così fecero i Romani per condurre le acque salubri nelle città come dimostrano le vestigia che rimangono della loro magnificenza nei dintorni di Nimes, d'Arles, di Frejus, ec. e che finora non sono state imitati che da Luigi il Grande, che ne fece costruire diversi con spese enormi per condurre le acque a Versailes ed a Marly. Si avrà un'idea di questi acquidotti considerando la Tavola 1.ª su cui è disegnato quello che s'incominciò presso Maintenon; vedesi che è elevato da tre corsi di arcate il cui scopo si è di formare un rigagnolo A accompagnato da due banchine B, C, e da un parapetto da ogni parte onde poter percorrere il rigagnolo senza pericolo per nettarlo di tempo in tempo. I pilastri del primo e del secondo piano si sono traforati nel mezzo D della loro grossezza per facilitare le comunicazioni nel tempo della costruzione dell'opera e per servirsene anche nel caso di riparazioni. Riguardo al profilo dell'acquidotto, innalzato nella pianura di *Bue*, che vedesi marcato su la stessa tavola, e che serve a condurre a Versailles le acque che si traggono da *Sçale*, si osserverà che ha il vantaggio di poter servire in pari tempo di strada alle vetture pubbliche; non mi trattengo di più perchè se ne troverà il progetto nella seconda parte di quest'opera.

1377. È molto difficile determinare esattamente la giosta inclinazione che convien dare ai rivi secondo la quantità d'acque che vi deve scorrere. Vitruvio vuole che abbiano 6 pollici di pendio ogni 100 piedi di lunghezza, il che è troppo, facendo vedere molte sperienze che 2 piedi ogni 1200 tese bastano quando il rivo non fa gomiti, ed i ritorni sono talmente raddolciti che non possono produrre un alterazione molto sensibile nella velocità dell acqua.

Si osserverà di sfuggita che il canale dello stagno dell'*Attrappe*, la cui acqua fu condotta a Versailles per cura di Picard, non aveva che 9 pollici di pendio ogni 1000 tese, e l'acqua essendo lasciata scorrere impiegò 4 ore a percorrere 4000 tese; ma era cacciata da un carico di 3 piedi. Si sa pure che l'acquidotto di Rocquancourt, di cui si è testè parlato non ha che 3 piedi di pendio per tutta la sua lunghezza che è 1700 tese; quindi allorchè il fondo su cui scorre l'acqua non è scabro si può con tutta sicurezza, per regola generale, dare 2 pollici per 100 tese di pendio.

Si penserà forse che per non correre il rischio di fare scolar l'acqua troppo lentamente, non si ha che da dare piuttosto maggiore che minor declivio; convengo che quando non si è costretti da veruna circostanza questo partito è sempre il più saggio; ma accade spesso quando si vuol condurre l'acqua da un termine all'altro, che l'altezza della loro destinazione è limitata, e che la possibilità o l'impossibilità di un progetto dipende precisamente dal declivio che si potrà dare ad un rivo o ad un canale: per esempio se si vuole condurre le acque da lungi per stabilire delle fontane in una città è essenziale che il castello d'acqua in cui arriveranno sia più elevato che è possibile, acciò di là possano giugnere nei quartieri eminenti ed anche molto al di sopra del pianterreno per farvi de' serbatoj provvisorj come in seguito dirassi. Si può anche avere per iscopo il condur l'acqua in un grande serbatojo per farle zampillare in un giardino; e siccome l'altezza dei getti dipende necessariamente da quella della loro sorgente, non si potrà aumentare il declivio senza diminuire l'altezza del serbatojo; perciò in tali occasioni bisogna ristringersi a limiti giusti.

1378. Gli operaj avendo maggior facilità nel condurre una fossa a livello che quando debbono attenersi al pendio loro prescritto sono costretti a lavorare orizzontalmente distribuendo il pendio per gradi. Voglio dire che se si volesse che un rivo od una fossa abbia 2 pollici ogni 100 tese, bisognerebbe di 50 in 50 tese discendere 12 linee, poscia agguagliare il fondo per formare un piano solo: e veramente vi sono degli acquedotti costrutti a gradini e fra gli altri quello d'Arcueil che ne ha di 6 pollici ogni 200 tese.

Io non determino punto quanto convenga che la sorgente sia superiore al livello della destinazione delle acque quando saranno costrette a sgorgare in tubi che nel cammino saliranno e discenderanno, perocchè non è possibile stabilire regole generali per simili casi; ma dal secondo Capo di questo libro si potranno dedurre le necessarie cognizioni per regolarsi secondo le occasioni. Dirò soltanto che dopo aver determinato il carico bisogna sempre impiegare de' tubi più grossi di quelli su cui si sarà calcolato nella stima.

Della maniera di condurre e dirigere le acque nei diversi quartieri di una città.

1379. Dopo aver condotte nelle vicinanze di una città le acque delle sorgenti e delle filtrazioni nella maggior possibile quantità, bisogna condurle di là nei tubi di piombo per raccoglierle tutte se si può in un castello d'acqua situato più vantaggiosamente che sia possibile, rapporto alla distribuzione generale, in guisa che le vasche che la riceveranno abbiano tutta l'altezza che loro si potrà dare al di sopra del pianterreno de' quartieri eminenti; che se queste acque arrivano per diversi condutti bisogna che ciascuno abbia la sua vasca particulare onde poter fare separatamente il calcolo per conoscere di quanto aumentino o diminuiscano, e distinguer quelli che perderanno l'acque per improvvise alterazioni che potranno sopraggiugnere ad essi: invece se molti condotti terminano in uno solo, non si potrebbero scoprire i difetti senza ricerche molto penose.

1380. Quando dico che conviene raccogliere tutte le acque in uno stesso

luogo, si noterà che questa massima non deve osservarsi se non quando le sorgenti che le alimentano sono presso a poco allo stesso livello; perocchè se ve ne fossero alcune molto più elevate dalle altre, bisognerebbe condurle in una vasca particolare, onde ridurle allo stesso livello e da questo luogo farla passare alle fontane che potrebbero succedersi fino ai quartieri più distanti dalla distribuzione generale.

Queste previdenze sono di grande importanza, e perciò prima di dar mano a simili opere, non bisogna risparmiare le livellazioni onde prender così bene le proprie misure che non abbiamo poi a pentirci di avere operato troppo precipitosamente.

Se le acque invece di venir da sorgenti fossero innalzate da una macchina, allora sarebbe imperdonabile il trascurare di farle salire tanto alte come conviene per istabilire delle fontane nei quartieri eminenti, quand'anche non fossero se non poco o nulla abitati, dovendo considerarsi meno lo stato attuale delle cose di quello a cui potrebbero arrivare; può anche succedere che in una grande città non siasi costruito sopra buon tratto di terreno perchè vi manchi l'acqua e sia cattiva quella che si può cavare dai pozzi, ma che non tarderebbe a farsi ciò se tale inconveniente non sussistesse più.

Un castello d'acqua destinato alla distribuzione generale, dovendo essere presso a poco lo stesso, sia che le acque provengano dalle sorgenti, o sieno elevate da macchine, poichè nell'uno e nell'altro caso i tubi ascendenti sgorgheranno sempre nelle vasche, darò ad esempio quelle del castello d'acqua della macchina applicata al ponte di Nostra-Donna, che dà l'acqua a quasi tutte le fontane di Parigi.

1381. Abbiamo detto (1106, 1111, 1113) descrivendo la macchina del ponte di Nostra-Donna, che le trombe innalzavano l'acqua ad 81 piedi in quattro tubi, e che nel 1737 si erano costrutti due equipaggi di ricambio per supplire ai difetti dei vecchi; quindi invece di 4 tubi ascendenti se ne hanno presentemente 6 che si possono riguardare, se si vuole, come corrispondenti ad altrettanti condotti particolari che conducessero acque di sorgente. Se si considera la prima e la seconda figura della Tavola 2, vi si vedrà la pianta ed il profilo delle vasche di cui si parla situate all'ultimo piano della torre che le innalza, circa 45 piedi sopra il pianterreno del ponte di Nostra-Donna; di là l'acqua discende per tre grossi tubi che passando poscia sotto il pavimento delle strade si raccolgono nella cassa delle fontane a cui terminano, poscia risalgono verticalmente e si scaricano in vasche particolari, da cui l'acqua torna a discendere per varj tubi che la distribuiscono nei diversi quartieri passando ancora sotto il pavimento.

Per entrare nel dettaglio si sappia che A, B, rappresentano i tubi ascendenti dei due equipaggi corrispondenti alla ruota meridionale della macchina; C quello di ricambio, che D, E indicano i tubi ascendenti dei due equipaggi della ruota settentrionale ed F quello di ricambio.

Quattro di questi tubi si scaricano in una vasca di piombo formata dalle sponde G G, H H, aventi un gran numero di fori I di un pollice di diametro con una canna per ciascheduno sporgente un pollice, alquanto avasata che serve a misurare il prodotto della macchina, essendo la dispensa di ciascheduna valutata un pollice d'acqua quando il vertice è sormontato dalla superficie dell'acqua per l'altezza di una linea; quindi

allorchè si vuol farne la misurazione, si chiude un numero di questi fori con cavicchie, non ne lasciando aperti se non quanti ne occorrono per mantenere l'acqua all'altezza che abbiam detto; allora si calcola di avere tanti pollici d'acqua quanti fori la emettono a gola piena.

Per calmare la superficie dell'acqua e farne più esattamente la misura si è praticato nel mezzo della vasca un parapetto K K, in forma di tramezza, sostenuta da traverse di ferro L; questo parapetto serve a ricevere l'urto dell'acqua che sgorga dai tubi ascendenti per impedire che ondeggi nello sgorgare dai bocchetti verso i quali non può giugnere se non partendo dal fondo dello spazio M M, dopo aver passato sotto la base N del parapetto: di là essa è ricevuta in una seconda vasca O d'onde è distribuita secondo il riparto che si vuol fare, perocchè vi si fanno molti bacinetti, il cui perimetro è traforato di zampilli come i precedenti per non lasciarvi entrare se non la quantità d'acqua che si vuol dare ai quartieri corrispondenti ad essi.

1382. Per esempio fra i bacinetti che qui si vedono, il primo P riceve l'acqua destinata ad un numero di fontane pubbliche andando a cascate dall'una all'altra; primieramente essa discende pel tubo Q per giugnere in una prima vasca meno elevata, posta alla piazza del mercato di Parigi; di là in una seconda per la fontana degl'Innocenti: da questa in varie altre e da quest'ultime ancora in altre successivamente fino alle più distanti e quindi più basse di tutte le precedenti.

Il secondo bacinetto R che corrisponde al tubo S riceve l'acqua destinata al quartiere di S. Antonio ed all'orto, la cui prima distribuzione succede alla fontana S. Caterina dicontro ai Gesuiti.

Il terzo bacinetto T, che corrisponde al tubo V, riceve quella che dapprima è condotta alla fontana S. Severino, da cui è distribuita ai quartieri di S. Giacomo, S. Vittore ed al sobborgo S. Germano.

Il quarto bacinetto X non è ancora munito di tubi discendenti, essendo serbato per le nuove fontane che si potranno eseguire in seguito.

Finalmente il quinto bacinetto Y molto più piccolo dei precedenti riceve due pollici d'acqua per l'Ospitale.

Ogni tubo discendente si chiude quando si vuole, mediante una valvola A, fig. 1, 2 e 9, tav. 2, attaccata ad un'asta B, una delle cui porzioni tagliate a vite agisce in un dado C legato ad un sostegno D; quindi s'innalza o si abbassa questa valvola facendo girare la chiave E; con questo mezzo s'interrompe la discesa dell'acqua quando per qualche riparazione si è costretti a porre in asciutto un condotto. Per impedire che l'acqua trascini immondizie, l'imboccatura di ciascun tubo è coperta di una calotta di banda composta di due pezzi uniti a cerniera, sparsi di fori come rappresenta in grande la figura 9. Questa calotta non impedisce che si alzi o si abbassi la valvola.

Nel punto Z vi è un tubo sfioratore che conduce al fiume l'acqua superflua quando vi sia bisogno di chiudere uno o due tubi discendenti e può anche servire di scaricatore di fondo, perocchè il labbro di questo tubo su cui è saldato un bossolo riceve una specie d'imbuto che supera di un pollice il livello ordinario dell'acqua, e che si sopprime quando si voglia mettere in asciutto le vasche.

1383. Per dar pure un'idea della disposizione delle vasche particolari

che ricevono e distribuiscono le acque alle fontane ed ai concessionarj, cioè ai particolari, aventi diritto di averne alle loro case, o per prerogativa o per acquisto, darò primieramente per esempio la vasca della fontana di Santa Caterina di cui abbiam fatta menzione.

La figura che si dà alle cassette delle fontane pubbliche è arbitraria e dipende dalle restrizioni provenienti dal luogo in cui sono collocate; nondimeno quando si può godere di un certo spazio, bisogna evitare di appoggiarle ad un muro essendo più comode quando sono isolate; allora si dà ad esse la forma di un quadrato o di un poligono regolare come per esempio la cassetta della fontana di S. Caterina, che è fatta a pentagono, il cui profilo, pianta ed alzato veduti in prospettiva, sono rappresentati dalle figure 2, 3, 4, 5 che mi accingo a spiegare.

Non mi trattengo a descrivere la disposizione della ferratura, che sostiene questa cassetta all'altezza dell'appoggio, e mi appagherò di far osservare che primieramente il tubo ascendente A procedente dalle trombe di Nostra Donna sgorga a gola piena in una vasca circolare B C, nel mezzo della quale vi è un diaframma D per moderare il moto dell'acqua (1381), che uscendo dai cannelli che sono all'intorno della superficie della vasca, va nell'altra E F, nella quale il moto di essa è moderato viepiù da un altro diaframma G; di là è distribuita con zampilli di varie grandezze in tutti i bacinetti compresi fra le superficie E F ed H I, avente ciascuno un tubo nel fondo che la guida alla sua destinazione.

Per esempio uno di questi bacinetti riceve l'acqua che si deve dispensare alla fontana Santa Caterina, oltre quella che mantiene le fontane dell'*Orto* e del sobborgo S. Antonio, e tutti gli altri bacinetti ne fanno la distribuzione alle comunità religiose ed agli stabilimenti, a cui se ne deve una quantità più o men grande; quindi bisogna concepire che i tubi che la ricevono, dopo essere discesi fino al fondo, si separano e vanno a riunirsi passando sotto il pavimento nei luoghi ove debbono metter capo.

L'acqua che parte da una fontana per alimentarne un'altra, arriva del pari in questa seconda per un tubo ascendente che si scarica anch'esso in una vasca distribuita come quella di cui abbiamo parlato per ripartirne a concessionarj ed anche ad altre fontane che possono divenire alla loro volta le nudrici delle più lontane dalla sorgente; in tal modo l'acqua può spandersi per tutta una città.

1384. Secondo ciò che ho indicato, vedesi che ogni fontana ha un bacino particolare, ricevendo l'acqua che gli è propria: ora si sappia che il tubo che è adattato a questo bacinetto non la conduce di seguito nel luogo in cui il pubblico la riceve, ma in un serbatojo di piombo collocato alcuni piedi sopra il pianterreno della cassa della fontana, ove si conserva, per non effonderla se non quando si vuol ricevere: questo serbatojo contiene un numero maggiore o minore di moggia secondo la capacità che si può dare ad esso, riguardo al luogo in cui è chiuso.

1385. Si giudicherà meglio della situazione e dell'oggetto di questo serbatojo, considerando la figura 1 della Tavola 3, che rappresenta una parte dell'interno della cassa della fontana di Santa Caterina, col serbatojo A B C composto di lamine di piombo sostenute da barre di ferro, che riceve continuamente l'acqua del tubo discendente E F, corrispondente al bacinetto della stessa fontana. Si osserverà che nel fondo di questo serba-

tojo è adattato in due punti un tubo G H che serve in pari tempo da scaricatore, quando si vuol avere dell' acqua, e da sfioratore quando il serbatojo si trova pieno, perocchè nel punto I avvi una valvola sospesa all'estremità K di una leva K L portata da un appoggio M avente all'altra estremità L una verga di ferro L N che termina ad un mulinello N O P sostenuta dall' ipomoclio R: ora siccome questo mulinello è legato con una cavicchia P Q detta la chiave della fontana, il cui bottone S sporge ordinariamente 4 o 5 pollici, quando la valvola è chiusa succede che spingendo con la mano questo bottone, il mulinello fa un moto che costringe l'estremità L della leva a bilico a discendere e l'altro K a salire, aprendo la valvola che lascia all'acqua la libertà di spandersi nel tubo che termina al teschio T; ma tosto che si allenta la chiave, la valvola si chiude facendo fare al bilico ed al mulinello un moto contrario al precedente, che rimette la chiave nella sua prima situazione.

1386. In quanto allo sfioratore osserverassi che al punto V il tubo G H è accomodato con un vaso il cui margine è saldato sul fondo del serbatojo, e in questo vaso si pone un imbuto attaccato al tubo X V la cui sommità munita di un collare è 4 o 5 pollici sotto il labbro superiore del serbatojo, che empiendosi durante la notte, il di più dell'acqua entra nel tubo, esce pel mascherone e si spande fuori per lavare le strade, ed al mattino la fontana ha una grande quantità d'acqua per fornire abbondantemente il pubblico.

Quando si vuol asciugare il serbatojo si comincia dal turare le bocche de'cannelli corrispondenti al bacinetto della fontana, poscia si leva il tubo X V per separare il vaso dal suo imbuto, tosto che tutta l' acqua sgorga pel tubo G H senza interrompere per nulla il corso di quella che è distribuita alle altre fontane ed ai concessionarj.

Se si considera la figura 4 vedrassi che A B rappresenta il margine del vaso C D, di cui abbiam parlato e che E G F esprime l'imbuto che si adatta internamente, munito della parte H del tubo a cui mette capo. Riguardo alla valvola che facilita lo scarico del fondo la figura 5 ne rappresenta la pianta, ed il profilo quand' è aperta.

1387. Non entro presentemente nel dettaglio dei tubi che si vedono espressi su la prima figura; farò osservare soltanto che per facilitare l' ingresso a quello che conduce l'acqua nella cassetta e lo sbocco a quelli che la distribuiscono, si pratica sotto il fondo Y della cassa un pozzo di 4 o 5 piedi di profondità che mette capo ad un acquidotto Z di 10 o 12 piedi di lunghezza alla cui estremità deve esservi uno spiraglio fuori della cassa ove i tubi possano separarsi per andare alla loro destinazione; e giova sapere che quando il comune di Parigi accorda l'acqua a qualche privato non si obbliga pel condotto se non che in fondo di tale spiraglio, essendo i concessionarj incaricati del resto; massima eccellente per evitare i fastidj e gl'imbarazzi immensi da cui quelli sarebbero inquietati se si agisse altrimenti.

1388. Quando passa un fiume in una grande città, di cui si vuole innalzar l' acqua per spanderla abbondantemente in tutti i quartieri, conviene aver due macchine disposte più vantaggiosamente che sia possibile per farle agire insieme o perchè l'una possa supplire al difetto dell'altra; allora importa estremamente disporre i condotti in guisa che le fontane che riceve-

ranno l'acqua di una delle macchine possano anche all'uopo somministrarne alle fontane che saranno alimentate dall'altra macchina e reciprocamente.

Del pari se non si avessero acque di sorgente che per mantenere un picciol numero di fontane, e per supplire a quelle che si vorrebbe di più, si costruisse una macchina, bisognerebbe prender anche le giuste misure acciò le acque delle sorgenti potessero passare alle fontana che sarebbero d'ordinario mantenute da acque di fiume, e che queste ultime potessero del pari passare alle precedenti: con questa saggia economia si avrà dell'acqua di sorgente in tutti i quartieri allorchè il moto delle macchine sarà interrotto dal gelo o dalle escrescenze, e si avrà dovunque acqua di fiume, quando nel tempo delle grandi siccità le sorgenti saranno considerevolmente alterate; è vero che tutte le fontane non saranno così abbondanti come al solito, ma un grande oggetto si è quello d'impedire che l'acqua non manchi mai; ecco il caso in cui importa grandemente fare i serbatoj delle fontane più grandi che sia possibile onde raccoglier l'acqua durante la notte e nelle ore del giorno in cui se ne fa minor consumo.

1389. Così a Parigi si hanno varie fontane che ricevono indifferentemente l'acqua del fiume e quella delle sorgenti d'Arcueil; e per dimostrare in qual modo le vasche debbono essere distribuite, in simil caso darò per esempio quelle della fontana della Via dei Francescani come una delle meglio concepite.

Le figure 6 e 7 rappresentano il profilo e la pianta di questa vasca, divisa in due parti eguali e simili A B C D E ed E F G H A, che sono separate da una lastra A E che serve di tramezza; quindi ciascuna può essere riguardata come una vaschetta particolare le cui distribuzioni sono le stesse; la prima riceve delle acque di sorgente che vengono dalla fontana di S. Michele, e la seconda ne riceve dal fiume proveniente dalla fontana di S. Severino.

Per non fermarmi che su la seconda vasca, di cui la figura 8 rappresenta l'alzato prospettico, si osserverà che le acque che escono dal tubo I sono primieramente moderate da una tramezza K L M sotto cui essa passa per sgorgare nei cannelli praticati nella faccia N O P, poscia incontra ancora un'altra tramezza Q R S che la modera di nuovo prima di spandersi nei bacinetti compresi nello spazio T F G H X V, da cui è distribuita come al solito.

Affine di non moltiplicare i tubi discendenti si sappia che ciascheduno corrisponde con una forchetta al bacinetto che gli appartiene in ciascuna cassetta; quindi l'acqua di sorgente e quella di fiume sgorgano negli stessi tubi per giungere ai concessionarj ed alle fontane da questa alimentate; con tale disposizione basta avere due tubi ascendenti uno per le acque di fonte e l'altro per quella di fiume, i cui condotti possono servire uno in mancanza dell'altro ed anche insieme, quando per estinguere un incendio si vuol far passare in un quartiere la maggior possibile quantità d'acqua.

1390. Volendo istituire delle fontane pubbliche bisogna prender bene ogni misura per situarle vantaggiosamente, scegliere i luoghi più elevati e che mettono capo a grandi vie, acciò possano essere lavate dal superfluo dell'acqua, e che i condotti che partiranno da queste fontane per sovvenire ad altre, seguano inclinazioni che ne facilitino lo scarico quando bisognerà vuotarle.

Sopra ogni cosa fa d'uopo che il castello delle fontane sia comodo e spa-

zioso acciò gli operaj possano passare intorno ai tubi e accomodarli senza guastar nulla: mentre per difetto di tale precauzione succede di spesso che per ristabilirne uno che trovasi coperto da altri si è costretti a tagliare quasti ultimi, e per conseguenza a moltiplicare il lavoro ed interrompere per qualche tempo il corso dell' acqua ne' luoghi ov' essi la guidano. Quando le vasche sono molto elevate, conviene anche sollevarne il fondo sostenendo il peso dei tubi discendenti con tiranti attaccati ogni 10 piedi.

1391. Non è meno essenziale far le cassette solide e di una certa grandezza onde sieno comode le distribuzioni di esse; perocchè giova osservare che indipendentemente dei bacinetti in cui l' acqua sgorga giornalmente, ve ne debbono esser altri vacanti per servirsene all' uopo; perciò quando si costruisce una vasca non si potrebbe fare troppo grande per praticarvi molti bacinetti per le nuove concessioni.

Quando una fontana deve alimentarne molte altre convien fare di conveniente grandezza i bacinetti che debbono ricever l'acqua ad essi destinata, e praticare nelle loro tramezze varj fori indipendentemente da quelli che ne determineranno la portata, ma si terranno chiusi per servirsene soltanto nelle occasioni nelle quali bisognerà inviare a queste fontane l'acqua che potranno sostenere i loro condotti, tanto in caso d'incendio quanto nell' intenzione di stabilire in seguito delle fontane più distanti che ricevano le acque dalle precedenti.

Fa d'uopo che le tramezze in cui saranno praticati i cannelli sieno di rame e non di piombo per evitare gl' inconvenienti che ne possono risultare, il principale de' quali si è che i cannelli fatti nelle tramezze di piombo possono essere ingranditi facilmente dagli operaj o da altri aventi interesse a far passare presso i concessionarj più acqua che non è loro dovuta; potendo un cannello di 16 linee divenire capace di una dispensa di 20 a 25 senza che si conosca, mentre tali guasti non sono così facili a commettersi nel rame.

Quanto all' altezza che convien dare alle parti di una vasca, bisogna che il tubo ascendente ne ecceda il fondo di 14 pollici, che la tramezza per calmare l'agitazione dell' acqua abbia 10 pollici sopra lo stesso fondo, e quella dei cannelli ne abbia 8.

Non bisogna mai inviar l' acqua di una vasca pubblica ad un'altra se non con cannelli che si possano chiudere quando si dovranno accomodare i condotti, avendo cura di unire la superficie delle stesse vasche ai tubi che danno l' acqua al pubblico onde nel tempo che si sarà costretti ad interrompere l' azione di uno o più condotti, l'acqua che vi deve sgorgare vada nel serbatojo.

Riguardo al modo di situare i cannelli rapporto al livello dell' acqua che sarà nella vasca, per farne una ripartizione giudiziosa ai concessionarj, farò in guisa di trattare quest' argomento colla maggior possibile precisione essendo della massima importanza: ma siccome esso dipende da varie circostanze che non sembrano state ancora sviluppate a dovere, conviene per maggior chiarezza prendere le cose più da lungi.

1392. Quantunque abbia detto nell'art. 342 che il pollice d'acqua vale 14 pinte di 2 libbre di 16 once sgorgate in un minuto, credo dover fare osservare che questa misura è stata finora molto equivoca non avendo i Fontanieri avuto riguardo, nè al tempo dell' efflusso nè alla quantità d'acqua sgor-

gata, per cui convennero soltanto di chiamare pollice d'acqua la dispensa che farebbe a gola piena un foro di un pollice di diametro, praticato in una superficie verticale, senza curar molto a quale altezza il livello dell'acqua doveva essere mantenuto al di sopra del margine superiore dell'orifizio; quindi allorchè vogliono misurare la portata di una sorgente traforano un asse con varj fori di un pollice di diametro coi centri sopra una linea orizzontale e li chiodono con cavicchie; poscia si servono di questa tavola per formare una chiusa acciò l'acqua non possa effondersi che pei pertugi che si aprono l'uno dopo l'altro, fino a che vedono il livello della sorgente conservarsi presso a poco all'altezza del margine superiore dei pertugi: allora giudicano della portata dal numero di quei fori che lasciano aperti.

Per aver riguardo alle dispense che saranno minori di quelle di un pollice, i fontanieri praticano ancora nello stesso asse tre fori più piccioli, come di 11, 10, 9, 8, ecc. linee di diametro, i cui centri si dispongono su la stessa linea di quella dei pollici; e per valutare la portata di questi piccioli cannelli hanno diviso il pollice d'acqua in 144 linee, cioè in tante parti eguali quante ne contiene il quadrato del diametro di un pollice diviso in 12 linee; essi calcolano che essendo il livello nell'acqua mantenuto sempre a 6 o 7 linee dal centro degli orifizj, i zampilli precedenti danno 144, 121, 81, 64, ecc. linee d'acqua; quindi allorchè dopo aver aperto varj fori di un pollice vedono che il livello dell'acqua non si conserva più alla conveniente altezza, ne chiudono uno ed aprono uno o due dei piccioli cannelli che contengono di più per giugnere gradatamente alla misura che cercano. Per esempio se l'acqua esce da 4 cannelli di un pollice e da quelli di 9 e di 2 linee di diametro, calcolano che la sorgente dia 4 pollici e 85 linee d'acqua senza che sappiano il rapporto che può avere questa dispensa con un'altra misura nota. Resta ad esaminarsi da che si è tratto questo modo di regolare i cannelli, perchè si fa uso piuttosto di uno che di un altro modo e su quale autorità è stabilito.

1393. Soltanto dopo che comparve il Trattato del Moto delle acque di Mariotte, quasi tutti i matematici si sono accordati nell'ammettere un'esperienza per cui quest'autore ha trovato che essendo il livello dell'acqua mantenuto ad una linea sopra l'orlo superiore di un orifizio di un pollice di diametro praticato in una superficie verticale ne uscivano circa 14 pinte nel tempo di un minuto, d'onde conclusé il valore del pollice d'acqua dei fontanieri: dico 14 pinte circa perchè molti altri e lo stesso Mariotte avendo ripetuto quest'esperienza trovarono ora più ora meno, ma più di spesso pinte 13 3/8; nondimeno si è attenuto a 14 pinte per maggior comodità, perocchè nello spazio di un'ora il pollice d'acqua darà 3 moggia di Parigi e per conseguenza 72 in 24 ore: essendo il moggio della capacità di 8 piedi cubici, ed il piede cubico di 35 pinte; quindi con questo mezzo si può misurare assai più facilmente la portata di una sorgente che non servendosi del cannello dei fontanieri; perocchè non si ha che a ricevere in un vaso l'acqua che somministrerà quando sarà mantenuta sempre al suo livello naturale; poscia giudicherassi del suo prodotto dal numero delle pinte sgorgate nel tempo di un minuto, che non avrassi più se non a dividere per 14 ond'avere de' pollici e delle linee d'acqua: per esempio, se nel vaso si fossero ricevute 38 pinte in un minuto di tempo, la sorgente avrebbe somministrato pollici 2 5/7; e per avere il valore della frazione in linee d'acqua si dirà se 14

pinte, valore di un pollice, danno 144 linee, quante ne daranno 10 pinte, residuo della divisione, e si troveranno presso a poco 103 linee.

1394. Benchè questo modo di misurare sembri adottato dalla maggior parte di coloro che si sono occupati del Moto delle acque, è essenziale sapere che non vi è nessuna legge od ordine che l'abbia autorizzato, e neppur fissato ciò che si debba intendere per pollice d'acqua; e nondimeno sembra che questa misura sia di tale importanza da meritare l'attenzione dei magistrati onde prevenire le difficoltà che possono nascere fra quelli che sono incaricati della distribuzione delle acque pubbliche e quelli che ne hanno diritto o che vogliono acquistarne; tutte le altre misure sono determinate e nessuno osa aumentarle od alterarle, avendo la loro matrice depositata negli archivj per farne di tempo in tempo la verificazione.

Il pollice d'acqua non essendo determinato succede che nella distribuzione dalle acque pubbliche, che si fà senza aver riguardo al tempo del loro efflusso, nè alla loro quantità reale rapporto ad una misura nota, quelli che ne dispongono non possono sapere esattamente quanta ne dieno ai concessionarj nè questi ultimi ciò che ne ricevono, perocchè l'altezza del livello dell'acqua in ciascuna vaschetta è arbitraria riguardo alla situazione degli orifizj o cannelli per cui l'acqua passa nei bacinetti, e perchè questi cannelli che sono quasj tutti di grandezze diverse non danno effettivamente delle quantità d'acqua proporzionate ai quadrati del loro diametro; perocchè di due cannelli uno di 6 e l'altro di 3 linee di diametro, il primo non dà già 36 e il secondo 9 linee d'acqua, e nemmeno la portata di questo è il quarto dell'altra, come si va a dimostrare.

1395. Per non discorrere se non di ciò che si usa a Parigi nella distribuzione delle acque della fontane pubbliche che sono le sole che abbia potuto esaminare seriamente, si sappia che nelle vaschette che mi parvero meglio costrutte si è tracciata una linea orizzontale che gira tutta all'intorno della tramezza dei zampilli ad una distanza di 5, o 6 pollici dal fondo, perocchè non è già la stessa in tutte le vaschette, ed è su questa linea che s'incontra il centro degli orifizj o cannelli circolari che determinano la quantità d'acqua che ricevono i bacinetti ad essi corrispondenti. Riguardo alla grandezza degli stessi spinelli, possono averla dalle 12 fino ad una linea e mezzo di diametro; tutte le altre intermedie adottate dal Comune per la scelta dei concessionarj avendo il loro diametro nell'ordine dei termini della progressione seguente che ho accompagnato dal numero di linee d'acqua che si calcola che tutti questi spinelli debbon dare di continuo.

Diametro degli orifizj.

12	$11\frac{1}{2}$	11	$10\frac{1}{2}$	10	$9\frac{1}{2}$	9	$8\frac{1}{2}$	8	$7\frac{1}{2}$	7	$6\frac{1}{2}$	6	$5\frac{1}{2}$	5	$4\frac{1}{2}$	4	$3\frac{1}{2}$	3	$2\frac{1}{2}$	2	$1\frac{1}{2}$

Portata degli stessi zampilli in linee d'acqua.

144	132	121	110	100	90	81	72	64	56	49	42	36	30	25	20	16	12	9	6	4	2

Bisogna anche sapere che fra la tramezza degli orifizj e quella che serve a calmare l'agitazione dell'acqua vi è nel fondo della vaschetta un tubo

adattato ad una scatola in cui s'incastra un vaso o imbuto posticcio che riceve l'acqua che sfiora (1382) e si restituisce al serbatojo praticato nella fontana in cui è questa vaschetta: ora siccome l'altezza del margine superiore di questo imbuto al di sopra del fondo della vaschetta, non è limitata, succede che quella del livello dell'acqua non la è nemmen essa rapporto al centro degli spinelli, e che per conseguenza il battente non essendo lo stesso in tutte le vaschette, gli spinelli delle une debbono dispensare più o meno di quelli delle altre, e servire più o meno vantaggiosamente i concessionari dei diversi quartieri. Ma supponiamo che per rimediare a questo inconveniente si dispongano le cose in guisa che in tutte le vaschette il battente sia uniforme, rimarrà sempre a sapersi a quale distanza il livello dell'acqua debba essere dal centro degli orificj acciò la dispensa che si farà da quello di un pollice di diametro sia effettivamente di un pollice d'acqua; ma come determinare questo punto giacchè non è determinato il valore del pollice d'acqua?

1396. È naturale il credere che se i signori Provosto dei Mercanti e Scabini della città di Parigi avessero ad assegnare un valore al pollice di acqua relativamente alla durata di un minuto e ad una misura di pratica non potrebbono far meglio che adottare quella che diede Mariotte come già nota; ma sgraziatamente questo valore del pollice non è niente comodo per valutare e verificare le picciole misure, perocchè il numero 14 non è aliquoto del pollice d'acqua diviso in 144 linee, ma lo sarebbe se valesse 18 pinte; allora una linea d'acqua varrebbe l'ottava parte della pinta di Parigi, invece che non conosciamo misura che sia esattamente la 144.ª parte di 14 pinte: per ciò Mariotte nelle sue sperienze non aveva che ad aumentare il battente cercando di quante linee il livello dell'acqua doveva superare il centro dell'orifizio per tramandare 18 pinte in un minuto. D'altronde, siccome non si fa concessione per una sola linea d'acqua e non se ne danno meno di quattro, io non vedo la necessità di dividere il pollice in 144 linee; sarebbe assai più comodo se questa divisione non fosse che di 36; allora una linea valendone 3 delle antiche sarà venduta il quadruplo, e potrà riferirsi più agiatamente ad una misura di pratica.

1397. Se si trattasse di stabilire per la prima volta delle fontane in una città, le cui acque fossero a disposizione dei magistrati, converrebbe assegnare al pollice d'acqua un valore che fosse comodo quant'è possibile nelle sue divisioni, relativamente a quella di un'altra misura conosciuta; ma quando le cose si trovano stabilite da una lunga pratica, s'incontrano sovente maggiori inconvenienti per riformarli che non ne risulterebbero vantaggi; ed ecco, parmi, il caso in cui si trovano i Magistrati di Parigi: perocchè quantunque il valore del loro pollice d'acqua non sembri determinato, bisogna nondimeno convenire che non essendo altro che quello degli antichi fontanieri, il valore che gli ha dato Mariotte si avvicina più di ogni altro a quello che può convenirgli, poichè è certo che quando si è cominciato a far uso di questo modulo per misurare l'acqua delle fontane pubbliche, non si è avuto per iscopo di lasciar sgorgare l'acqua continuamente a gola piena da un foro verticale di un pollice di diametro, bastando per ciò che il suo livello superasse alquanto il margine superiore dell'orifizio; questo è ciò che fece Mariotte fissandolo ad una distanza di 7 linee dal centro; che se a Parigi si osserva un gran numero di fontane

in cui l'acqua è mantenuta a maggior altezza, questo procede perchè la sorgente ne somministra più che gli spinelli non ne dovrebbero dispensare naturalmente, ovvero che lo sfioratore è troppo alto e non riceve il superfluo che dovrebbe volgersi a profitto del pubblico; quindi fondato in altre osservazioni che sarebbero troppo lunghe a riferire, presumo con molta verosimiglianza che nelle fontane il livello dell' acqua dovrebbe essere conservato a 7 linee sopra il centro degli spinelli; allora il pollice su cui si conta varrà circa 14 pinte: ed allora se ne potrebbe aumentare o diminuire il valore senza grandi difficoltà, perocchè bisognerebbe per continuare a dare ai concessionari la stessa quantità d' acqua che ebbero sempre, rinnovare il loro contratto d' acquisto per metterlo sotto espressioni diverse.

1398. Supponendo che il valore del pollice d' acqua sia fissato a 14 pinte di Parigi sgorgate in un minuto, acciò il livello E F dell' acqua sia mantenuto a 7 linee sopra la linea C D su la quale si trova il centro degli spinelli I, K, L, M, N, O, P, Q, il loro diametro andando in progressione aritmetica dalle 12 fino alle 2 linee, praticati ciascuno nella tramezza che corrisponde al suo bacinetto, ne seguirà che il riparto dell' acqua sarà esatto, perocchè le dispense di questi zampilli o la somma delle diverse velocità dei loro fili d' acqua, ed i consumi cagionati dagli attriti, non saranno più nella ragione dei quadrati del loro diametro (491), il raziocinio confermato dall'esperienza facendo vedere che i piccioli orifizj danno molto meno dei grandi in ragione di superficie.

Se il livello dell'acqua E F fosse mantenuto sempre alla stessa altezza, praticato un orifizio di larghezza determinata riguardo alla portata dell'erogazione che vuolsi, si potrebbe aumentarlo alquanto per giugnere gradatamente alla grandezza che gli conviene, supplire agli attriti e far sì che la dispensa effettiva eguagli la dispensa naturale; e trovare con esperienze esatte il diametro che conviene ai grandi ed ai piccioli moduli, acciò dispensino precisamente la quantità d' acqua che si vuole, stabilirvi sopra uno stromento che servisse a determinare il calibro di tutti gli spinelli purchè le linguette abbiano la stessa grossezza di quella che avrà servito agli sperimenti, essendo certo che i più grossi producono maggior attrito e quindi più consumo e viceversa; perciò non bisogna mai far canne agli orifizj perchè ritardano considerabilmente la velocità dell' acqua.

1399. Ecco senza dubbio il miglior partito che si potrebbe prendere, se, come ho detto, il livello dell' acqua potesse essere mantenuto sempre alla stessa altezza; ma ciò non è possibile, perocchè se le vasche ricevono delle acque di sorgente, nel tempo delle magre succederà che il loro livello si abbasserà insensibilmente e che se queste acque sono innalzate da una macchina composta di varj equipaggi di trombe, soggette a frequenti ristauri, l' acqua si abbasserà istantaneamente quando si sarà costretti a fermare uno o più equipaggi; allora il livello E F discendendo fino in G H, come succede di frequente, avverrà che i grandi spinelli I, K, L, M, daranno sempre dell' acqua e tanto più quanto più sono grandi, mentre i piccioli N, O, P, Q, non ne daranno che pochissima e i minori niente affatto, perocchè si troveranno al dissopra del livello dell' acqua, e ne risulteranno quindi giuste lagnanze per parte dei concessionarj, gli uni avendo dell' acqua e gli altri no, senza che gli incaricati alla distribuzione possano mettervi ordine.

Se quest' inconveniente non succedesse che di rado e non durasse che due o tre ore, cioè tanto tempo quanto ne occorre per fare alla macchina la riparazioni più urgenti, si potrebbe non avervi riguardo, ma nelle grandi siccità che durano talvolta tre o quattro mesi, il riparto delle acque è di un' ineguaglianza insopportabile, sia che provengano da parte del fiume o dalla sorgente.

1400. Si penserà forse che per rendere in ogni tempo le dispense dei piccioli spinelli più proporzionate a quelle dei grandi non vi sarebbe che farli poggiar tutti sopra una stessa linea orizzontale R S alla distanza di 13 linee dal livello determinato E F; ma quando questo livello si abbasserà come poc' anzi all' altezza G H, succederà tutto il contrario di ciò che abbiamo veduto, cioè varj dei piccioli spinelli dispenseranno l'acqua a gola piena mentre i più grandi forniranno soltanto la metà di ciò che debbono dare; segue da ciò che finchè si farà uso d' orifizj circolari per vasche il cui livello sia variabile, non sarà possibile farne giudiziosamente il riparto; trattasi dunque di sapere qual figura può essere più conveniente per riparare un danno di tanta importanza.

1401. Dopo avervi riflettuto gran tempo, non ho trovato mezzo migliore per distribuire le acque che il fare gli orifizj o moduli rettangolari, dar ad essi la stessa altezza e porre le loro basi sopra una stessa linea orizzontale E F, perocchè allora le dispense di tutti questi spinelli saranno sempre nella ragione della loro base a qualunque altezza sia il livello dell' acqua; quindi allorchè si abbasserà improvvisamente per le cagioni che abbiamo indicato, il riparto si troverà proporzionato per ogni concessionario secondo la diminuzione della sorgente; e se una fontana ne alimenta molte altre, la dispensa di queste ultime si troverà diminuita nella stessa proporzione, senza che i fontanieri sieno costretti ad imbarazzarsi per impedire che certi quartieri manchino d' acqua, come succede talvolta in Parigi per la cattiva disposizione degli spinelli, onde la maggior parte delle fontane si trovano le une rapporto alle altre nello stesso caso dei concessionarj, alcuni de' quali hanno dell' acqua ed altri ne difettano (1399).

1402. Per determinare le dimensioni dei moduli rettangolari riguardo alla loro dispensa, comincerò da quella di un pollice, poichè tutte le altre ne derivano; perciò non ne conosco di più comode che fare un pertugio di 3 pollici o di 36 linee di base per 4 di altezza, la cui superficie è di 144 linee quadrate, che sovverranno insieme alla dispensa di un pollice d' acqua o 14 pinte in un minuto, quando il livello dell' acqua sarà mantenuto una linea sull' orlo superiore del pertugio come vedrassi.

1403. Il pollice d' acqua pesando 28 libbre e il piede cubico 70 si conoscerà il volume di un pollice d' acqua dicendo se libbre 70 danno 1728 pollici cubici pel suo volume, quanti ne daranno 28 libbre? Si troveranno 691 1/5 pollici cubici pel volume dell' acqua che deve uscire per uno spinello rettangolare di 36 linee di base per 4 di altezza, la cui superficie è di un pollice quadrato; quindi dividendo 691 1/5 pollici cubici per la superficie del pertugio, la velocità media dell' acqua ogni minuto (533) sarà di 691 1/5 pollici lineari, cui bisogna dividere per 60 ond' avere questa velocità ogni secondo, che trovasi: 11 pollici e $\frac{31}{60}$; se nella terza tavola del primo tomo pag. 184 si cerca la caduta capace di tale velocità, troverassi

circa 2 linee ed on 1/4: ciò dimostra che l'acqua potrà uscire a gola piena poichè la caduta si trova alquanto più grande della metà dell' altezza del pertugio; ma siccome l'attrito contro gli orli altererà la sua velocità, vedesi che non si può dar meno di una linea di battente; è anche molto probabile che ne occorra di più, e che questo battente possa giugnere a 2 o 3 linee, il che non può essere determinato che dall'esperienza; così io calcolo che farassi per fissare le vaschette al livello ordinario E F dell'acqua per mezzo dello sfioratore (1395); mi basta d'aver provato che essa oscirà a gola piena quando dispenserà on pollice, poichè l'altezza del pertugio non è troppo grande rapporto alla sua base.

1404. Ora quando si vorranno avere dei moduli la cui dispensa sia minore di quella di un pollice d'acqua, come per esempio di 36 linee, non vi sarà che dare ad essi 9 linee di base conservando sempre l'altezza di 4 linee; e così degli altri fino allo spinello della minima concessione che sarà ridotto ad una linea di base per dispensare 4 linee d'acqua (1396): che se se ne volessero 6 si farà la base di una linea e mezza; in una parola è evidente che una linea di base dando 4 linee d'acqua, una 1/2 linea non ne darà che la metà; quindi volendo uno spinello che dispensi 11 linee d'acqua bisognerebbe dare alla sua base linee 2 3/4.

1405. Bisogna convenire che di tutti i modi di distribuir l'acqua questo è il più perfetto, esatto e comodo; perocchè come ho già detto le dispense saranno proporzionali sempre alle basi degli spinelli qualunque sia l'altezza a cui s'incontri il livello G H dell'acqua, anche quando non sgorgherà a gola piena. So bene che facendo la loro base della grandezza che naturalmente le converrà, gli attriti faranno sì che la loro dispensa sarà minore di quella che dovrebbero dare; ma sarà facile supplirvi allargando gradatamente gli spinelli finchè si sia giunti a renderli capaci di ciò che debbono produrre senza giugnere mai alla sua altezza.

Quando si passa dalla teoria alla pratica, s'incontrano sempre degli accidenti che non possono essere rettificati che dalla pratica stessa, quindi io calcolo che dopo aver abbozzati tutti i moduli di cui si avrà bisogno, si faranno delle sperienze per determinare la loro vera grandezza; in oltre si costruirà uno stromento che comprenderà tutti i calibri stati determinati dalle stesse sperienze; e se ne farà uso per praticare dei moduli proporzionati alle rispettive erogazioni.

1406. Siccome i grandi moduli consumano molt'acqua che viene da ogni parte al punto ov'è il maggior moto, è essenziale osservare che quando un picciolo modulo trovasi presso un grande quest'ultimo assorbe in parte l'acqua che avrebbe dovuto sgorgare dall'altro che trovasi mal servito benchè il battente sia lo stesso. Per evitare quest'inconveniente bisogna quanto si può allontanare ed anche dividere i grandi moduli in altri più piccioli che forniscano insieme la stessa quantità d'acqua: per esempio, quando si tratterà di far sgorgare in un bacinetto uno o più pollici d'acqua, o per la fontana in cui succede la distribuzione o per qualunque altra cui questa deve mantenere, bisogna fare il bacinetto bastantemente grande acciò un pollice d'acqua possa sgorgare per quattro spinelli di 9 linee di base, posti di fronte; e quando ve ne sarà un maggior numero fa duopo che il bacinetto sia situato ad uno dei lati della vasca ove l'acqua ha maggior estensione per essere meglio fornita.

1407. In quanto al modo di chiudere tutti i moduli nella circostanza in cui bisognerà interrompere il corso dell' acqua, si faranno dei diafragmi di fogli di latta, che s' innalzeranno verticalmente come tante picciole paratoje ad incastri, la cui azione sarà terminata da uno sporto attaccato su la parete dello spinello per metterli fuori di presa.

Siccome la dispensa dei moduli non può essere proporzionale alla loro superficie, se non in quanto le basi saranno sopra una stessa linea orizzontale C D, vedesi la necessità che il fondo delle vasche sia ben livellato e stabilito con bastante solidità acciò nessun fianco pieghi, per tema che il battente divenga più forte in un punto che in un altro; perciò fa duopo che questo fondo sia formato di tavole di piombo grosse circa 6 linee.

1408. L' altezza della parete del modulo dovendo essere di 8 pollici (1391), si osserverà che la linea orizzontale su cui devono essere le basi degli spinelli sia innalzata 5 pollici onde allontanarle dal fango che l' acqua depositerà al fondo delle vasche; allora rimarrà un bordo di 2 pollici ed 8 linee sopra la sommità dei moduli che riterrà l' acqua quando talvolta l' aria che rinchiude il condotto la farà sgorgare con impeto: in quanto alla grossezza di tale parete fa duopo che sia la stessa per tutte le vasche ed eguale a quella di cui si sarà fatto uso nelle sperienze che avranno dato la vera grandezza degli spinelli.

1409. Quando si vogliono costruire delle fontane pubbliche fa duopo prima di determinare la posizione delle vasche, prendere giuste misure per situarle alla maggior altezza possibile in guisa che quelle che riceveranno le loro acque immediatamente dalla distribuzione generale non sieno inferiori alla sorgente se non quanto conviene acciò l' acqua che scolerà nei condotti come in un sifone possa risalire in sufficiente quantità, avere la stessa attenzione per farla passare da queste prime vasche ad altre più distanti, e dalle seconde alle terze, e così di seguito senza curare se queste ultime sembreranno molto più elevate che non occorre avuto riguardo alla situazione dei quartieri in cui si troveranno collocate, perocchè si deve meno considerare lo stato presente delle cose che quello a cui possono arrivare. Infatti una città può essere ingrandita e trovarsi in caso di stabilire delle fontane molto al di là dei limiti che si erano prescritti; allora se non si è elevata l' acqua a tutta l' altezza che le si poteva dare, si meriterà dai posteri la taccia di poca previdenza.

Quand' anche non avesse mai luogo ciò che si è voluto prevedere, ov' è l' inconveniente di conformarsi alla massima su cui insisto? Non può succedere che siamo costretti a mantenere serbatoj elevati in ospitali considerevoli, palazzi, officine ecc., d' onde bisognerà distribuirla in altri serbatoj destinati a varj usi che non potranno aver luogo se il primo non avrà una certa elevazione al di sopra del pian terreno? e ciò dipenderà necessariamente da quella della sorgente.

1410. Non mi appago di aver indicato che bisognerebbe stabilire le vasche alla maggior altezza possibile: mi resta da spiegare in qual modo si troverà il termine a cui l' acqua può risalire; a tale effetto si comincierà dal fare esatte livellazioni onde conoscere l' elevazione del livello della sorgente, o quella del fondo delle vasche del castello d' acqua sopra il luogo più basso ove bisognerà che l' acqua passi nel condotto; il che determi-

nerà l'altezza del braccio saliente; scegliere la grossezza che converrà meglio di dare al condotto, poscia far uso delle regole da noi stabilite al principio del Capo secondo di questo libro, principalmente nell' art. 1214, onde trovare col calcolo il punto d'elevazione che si cerca, cioè l'altezza del braccio discendente che non è sempre quello del tubo ascendente, perocchè si possono incontrare per via delle discese ed ascese per cui il piede di questo tubo non sarà il punto più basso del condotto.

1411. Siccome l'acqua non giugnerà mai al suo destino in quantità così grande come se ne deve avere, perocchè gli attriti, i gomiti, i declivj e gli acclivj ne ritarderanno molto la velocità, non è che con l'esperienza che si può valutarne il consumo e giudicare di quanto bisognerà diminuire l'altezza del braccio saliente; quindi il più saggio partito ed il più infallibile si è quello di non assettare il solajo su cui deve essere posata la vasca se non si è prima stabilito il condotto ed eretto il tubo ascendente per farvi scorrer l'acqua, affinchè diminuendo gradatamente la sua elevazione, si giunga a ricevere non solo l'acqua che d'ordinario deve dispensare la vasca, ma la maggior quantità che si vedrà potervi far passare: intanto che si farà tale operazione, bisognerà essere informati se il livello dell'acqua si mantiene alla sua ordinaria altezza nel luogo da cui essa parte onde sapere se discende e risale naturalmente; dopo ciò si sarà in istato di disporre meglio la cassa interna della fontana; e siccome il punto che si sarà trovato col calcolo per l'elevazione dell'acqua non sarà molto distante da ciò che può dare la dispensa effettiva eguale alla naturale, potrassi giudicare anche prima dell'esecuzione, l'esito dell'opera che si vuol fare.

1412. Per non lavorare se non relativamente ai progetti che potranno aver luogo in seguito, un punto essenziale ancora si è di far sempre i tubi di condotta più grossi di quello che richiederà la quantità d'acqua che deve sgorgarvi ordinariamente; è pure desiderabile che tutte le fontane si comunichino con doppj condotti perchè l'uno supplisca all'altro nel tempo dei ristauri e tutte e due insieme quando per un incendio si vorrà far passare in un quartiere una quantità d'acqua maggiore del solito; stabilite bene le cose, il pubblico ne caverebbe grandi vantaggi specialmente se si prenderanno le precauzioni che spiegherò in seguito. Del resto per non trascurar nulla di quanto può appartenere all'interno delle fontane, ecco alcune osservazioni su la costruzione de' serbatoj.

1413. Per costruire un buon serbatojo fa duopo che le lamine di piombo che serviranno a formarlo sieno battute così spesso da non poter numerare i colpi del martello; e siccome ciò non può farsi senza rotolare e svolgere queste lamine, quest' operazione è indispensabile per serrare le sfogliature per cui l'acqua potrebbe filtrare; è accaduto più volte che per non aver presa tale precauzione, si è dovuto di necessità distruggere de' serbatoj poco tempo dopo la loro costruzione.

Lo spessore delle lamine di cui parliamo dev' essere 2 linee 1/2 circa, pesante 14 libbre ogni piede quadrato; e siccome si può dare ad esse fino a 16 piedi di lunghezza per 4 di larghezza, bisogna impiegarle in tutta la loro estensione di modo che vi sia il minor numero possibile di commessure, perocchè i guasti succedono quasi sempre ove sono le saldature; perciò quando 4 piedi di profondità basteranno ad un serbatojo, conviene

impiegare le tavole congiunte per formare una fascia che ne costituisca i fianchi; ma quando la profondità dell'acqua sarà maggiore, bisognerà disporle verticalmente a fascie incominciando dal labbro superiore e ripiegare ciò che rimarrà della loro lunghezza per formare una parte del fondo.

1414. Bisogna guardarsi bene dal rivestire di tavoloni o di muratura questa specie di serbatoj: basterà sostenerne il fondo e l'altezza con un'intelajatura di legname solidamente commessa; il contorno sarà composto di ritti distanti 4, o 5 pollici gli uni dagli altri onde scoprire i difetti, ripararli senza andar tentoni e non essere zimbello de'latonaj che non cercano se non d'impiegare la loro saldatura. Quando queste tavole saranno posate verticalmente, fa duopo che la saldatura che le congiunge sia appoggiata contro i ritti; perciò fa duopo prima di stabilirli regolarne la distanza relativamente alla larghezza di queste tavole che deve essere la maggiore possibile; osservando di fare sporgere nell'interno del serbatojo lo spigolo dei quattro ritti angolari e quelli del telajo del fondo, affinchè questi spigoli ribattuti sostengano le congiunzioni che loro corrispondono, i quali non debbono mai poggiare in falso perocchè non tarderanno a staccarsi quando nulla gli ajuti a sostenere la spinta dell'acqua.

Non dico nulla delle squadre di ferro che debbono fortificar gli angoli nè dei tiranti che si dovranno impiegare per sostenere le faccie opposte quando i serbatoj avranno molta estensione, lasciando alla perspicacia di quelli che li faranno costruire il prendere tutte le necessarie precauzioni per prevenire i sinistri.

Questo modo di contenere i serbatoj è migliore di quello d'impiegarvi del ferro, perocchè a meno che le barre non sieno vicinissime il peso dell'acqua fa gonfiare il piombo negl'intervalli, che non può piegare senza tagliarsi contro i loro spigoli. È essenziale che questi serbatoj sieno isolati e che si possa operare liberamente all'intorno; bisogna pure quanto si può innalzarli per scoprire il di sotto del fondo onde conoscere i luoghi che spanderanno l'acqua, il che non è praticabile quando sono rinchiusi in una cassa e inviluppate di muratura.

1415. Tutti i tubi che s'impiegano a Parigi sono di piombo sepolti a 3 piedi di profondità sotto il pianterreno delle strade e non si fa più uso di quelli di ghisa perocchè si è riconosciuto che non resistevano al carico delle vetture che li rompevano frequentemente senza poter trarre verun partito dai pezzi, mentre il piombo essendo di una sostanza meno dura si piega quando non può sostenere pesi straordinarj. Siccome vi sono varie cose essenziali di cui bisogna essere istrutti per far buon uso dei tubi di questa specie, esporrò in poche parole ciò che più importa sapere su questa materia.

Per fare de' buoni condotti non bisogna impiegar piombo proveniente dalla demolizione di fabbricati vecchi, a meno che non si mescoli con una metà di quello di Germania e si faccia una buona lega.

Non si deve impiegare da solo il piombo d'Inghilterra, nè quello di Germania essendo il primo troppo aspro, ed il secondo troppo flessibile, ma i due mescolati insieme saranno ottimi, se la lega è composta di tre quarti di piombo d'Inghilterra ed un quarto di quello di Germania.

I tubi di piombo si facevano altre volte con lamine rotondate e saldate pel lungo innestati ogni 12 piedi e congiunti da nodi di saldatura;

ma dopo che si è pensato a gettarli in forme, si preferiscono questi ultimi agli altri essendone sembrato l'uso migliore; nondimeno il modo onde si fabbricano non li rende così buoni come potrebbero essere, perocchè le forme non avendo che 3 piedi 1/2 di larghezza bisogna unire a varie riprese questi tubi con getti i cui diversi gradi di calore non possono formare giammai un buon legame come se fossero colati in una volta sola con forme di 10 o 12 piedi di lunghezza, composti di buon metallo che non potessero sformarsi pel calore come succede quando sono di stagno.

I tubi debbono essere collocati lungo le case per allontanarli dalla carreggiata delle vetture, e si avrà cura di investirli il meno possibile, perocchè rendono difficile lo scoprire i difetti; nondimeno nei casi indispensabili bisognerà collocare un robinetto ed un osservatorio vicino al luogo ove si prende l'acqua onde interromperne il corso quando si crederà opportuno.

1416. Siccome la cattiva fabbricazione dei tubi di piombo produce continue riparazioni, il miglior partito che possono prendere coloro a cui appartengono le acque, si è quello di avere le proprie forme colle quali si farebbero buoni tubi aventi sempre gli stessi diametri e le grossezze che debbono loro convenire riguardo al loro calibro ed al loro carico, che non potrebbero più fallire se non pei nodi della saldatura, la quale deve essere composta di due terzi di stagno ed un terzo di piombo, mentre quella di cui si fa uso pel rame dev'essere 3/4 di stagno ed 1/4 di piombo.

Vi sarebbero molte cose da dire sul modo d'impiegare il piombo e di far bene i nodi delle saldature che mio malgrado taccio per non entrare in dettagli che mi distrarrebbero troppo. Dirò soltanto che l'arte del lavoratore in piombo non essendo conosciuta se non da quelli che l'esercitano, conviene invigilare gli operaj che s'impiegheranno ed esigere dai maestri una guarentigia per quattro o 5 anni che giustifichi la bontà dell'opera loro.

Ecco i diametri, le grossezze ed il peso ogni tesa dei diversi tubi di piombo che s'impiegano a Parigi per la condotta delle acque.

I condotti più grossi che partono dalla distribuzione generale hanno 6 pollici di diametro per 7 linee di grossezza, ed ogni tesa è del peso di circa . . . . Libbre 400

I tubi di 4 pollici di diametro hanno 6 linee di spessore ed ogni tesa è . . . . » 190

Quelli di 3 pollici hanno 5 linee di spessore, ed ogni tesa è » 180

Quelli di 2 pollici hanno 4 linee di spessore ed ogni tesa è del peso di . . . . » 72

Quelli di pollici 1 1/2 hanno tre linee di spessore, ed ogni tesa è . . . . » 58

Quelli di un pollice hanno linee 2 1/2 di spessore, ed ogni tesa è del peso di . . . . » 35

Tutti i piccioli tubi possono avere fino a 18 piedi di lunghezza, ma i grossi non possono averne che 12, perocchè se ne avessero di più, il loro peso li renderebbe di troppo difficile esecuzione; s'innestano gli uni negli altri e si legano con nodi di saldatura: a Parigi il prezzo alla libbra è 10 soldi indistintamente per qualunque calibro.

Circa la quantità di saldatura che s'impiega per collegare questi tubi secondo i loro calibri, per quelli di 6 pollici di diametro occorrono 15 libbre di saldatura ogni nodo; per quelli di 4, 10 libbre; per quelli di 3, 8 libbre; per quelli di 2, 6 libbre; per quelli di un pollice 1/2 4 libbre; e per quelli di un pollice 3 libbre. A Parigi la saldatura vale 18 soldi alla libbra.

1417. Per risparmiare le lunghe ricerche che bisogna fare lungo i condotti quando si vogliono scoprire i difetti per cui l'acqua si perde, occorre avere dei robinetti posti in osservatorj ai quali si dà quattro piedi in quadratura per 6 di profondità; questi osservatorj debbono corrispondere ad un pozzo del diametro di 3 piedi, scavato fino all'acqua, situato a destra od a sinistra del condotto ad una distanza di 8 a 10 piedi per ricevere le acque allorchè si vorrà scaricare il condotto onde poterlo nettare e provare. Giova notare che gli osservatorj muniti di pozzi debbono essere collocati nelle parti più basse del condotto.

Della forma dei robinetti che si collocano fra i serbatoj si giudicherà considerando gli sviluppi rappresentati dalle figure 6, 7, 8, 9, e 10 Tavola 3: le figure 7 ed 8 mostrano che la scatola A è munita di tre braccia B, C, D, il primo e secondo de' quali si trovano nella linea del tubo con cui sono incastrati e congiunti a saldatura, di modo che il primo B che si suppone dalla parte della sorgente, riceve il tubo e l'altro C entra di dentro, acciocchè l'acqua nel suo corso non incontri ostacoli che rallentino la sua velocità e che potrebbero cagionare degl' ingorghi.

In quanto al terzo braccio D esso è fatto a becco di civetta acciò l'acqua trabocchi d'alto in basso nel fondo dello spiraglio sopra una pietra tagliata a canaletto che termina nel pozzo. Le figure 6 e 9 esprimono l'elevazione e la pianta della chiave dello stesso robinetto forata in guisa che volgendola ne' diversi sensi può interrompere il corso dell'acqua, scaricare le parti del condotto che si vuole ed anche tutti e due ad un tempo se si reputa necessario: questa chiave è legata alla sua scatola per mezzo di una girella sostenuta da una cavicchia; fa duopo che la grossezza dei robinetti sia proporzionata a quella dei tubi affinchè non restringano il passaggio dell'acqua che debbe sgorgare affatto liberamente; e quando conformandosi a questa massima divengono troppo pesanti per essere girati a mano si termina il loro vertice con una testa quadrata che s'innesta con due chiavi di ferro inchiavate una sull'altra, la seconda delle quali termina ad una leva mossa dalla potenza come si vede nella figura 14.

1418. Quando s'ignora il punto ove un condotto perde l'acqua, si apre lo spiraglio più vicino alla sorgente e si va alla fontana che dà l'acqua a questo condotto per vedere ciò che succede nel bacinetto corrispondente ad essa. Se si osserva che l'acqua discende nel proprio tubo è segno che il difetto che si cerca è tra la fontana ed il primo spiraglio. Se al contrario il tubo discendente rifiuta l'acqua è prova che il guasto è più lontano; allora si apre il robinetto del primo spiraglio per dare all'acqua la libertà di scorrere e si chiude quello dello spiraglio immediatamente dopo; si torna alla vasca per fare le stesse osservazioni e se il tubo discendente rifiuta l'acqua come prima è certo che il guasto è ancor più lontano: continuando similmente da uno spiraglio all'altro si giugne a conoscere fra quale estensione si trova compreso il difetto il quale si scopre

facendo degli scavi fra i due spiragli; il che rende il lavoro tanto più lungo e penoso quanto più sono distanti l'uno dall'altro qnesti spiragli; vedesi quindi come sia importante il non risparmiarne il numero per evitare il rovesciamento del pavimento e la lunghezza del tsmpo che s'impiega in ricerche inutili durante il quale l'acqua cessa di andare alla sua destinazione.

1419. Quando i condotti si stendono lungo una serie di declivj e controdeclivj non basta praticare de' spiragli e robinetti nei luoghi bassi per scaricare le acque, bisogna anche munirli di sfiatatoj (1371) elevati 2 o 3 piedi più sopra del livello della destinazione dell'acqua per cui l'aria possa sfuggire quando dopo alcnne riparazioni si rimetteranno le acque in corso; altrimenti vi saranno sempre de' luoghi ove l'aria ritirandosi ritarderà il passaggio dell'acqua (1272) e cagionerà anche la rottura dei condotti se s'incontrano, come ciò succede di spesso, delle parti più deboli delle altre, perocchè quando l'acqua discenderà precipitosamente dalla sorgente per empierli, essa condenserà quest'aria, la cui elasticità agendo improvvisamente, farà uno sforzo molto maggiore del carico che i condotti sono in istato di sostenere il che è facile da concepire per poco che vi si pensi. Fa duopo che questi sfiatatoj sieno collocati ad nn terzo sotto il vertice delle discese, e per metterli fuori di ogni attacco, che sieno inchiavate nei frontespizj delle case che saranno a tal uopo più comode.

1420. Nelle grandi città, ove sono molte fontane pubbliche ed ove per conseguenza s'incontrano dei condotti sotto il pavimento delle strade principali è utile estremamente avere degli spiragli e de' robinetti alla sommità di tutti i declivj, da cui si possa in caso d'incendio far scorrere, l'acqua abbondantemente nei diversi quartieri, come si è eseguito a Parigi mediante un robinetto ed nn'asta rappresentati nella figura 13, di cui ecco la descrizione.

Supponendo che il cerchio A esprima il profilo di un condotto a cui siasi adattato un robinetto B C situato in uno spiraglio, sappiasi che l'estremità C tagliata a vite si chiude ordinariamente con una scatola L acciò le immondizie non entrino e questa estremità si adatta quando si vuole con una chiocciola D praticata al piede di un'asta D E F fatta di rame avente 3 pollici di diametro e l'altezza di 4 piedi acciò il suo vertice superi di 18 pollici il pianterreno. Quest'asta è composta di due pezzi E F, E D incastrati insieme in E come una zuccheriera col suo coperchio, onde poter volgere per ogni verso la parte superiore F E, e spandere l'acqua sul declivio corrispoudente all'incendio dopo aver aperto il robinetto, e per dirigere meglio l'acqua, l'estremità G dell'asta si adatta ad una canna I che occorrendo può ricevere un tubo di cuojo H, di cui ho omesso la lunghezza, e questo tubo serve per oltrepassare delle altezze che l'acqua non potrebbe superare o per condurla immediatamente nei sotterranei destinati al servigio delle trombe, quando l'incendio è in sito opportuno, altrimenti esce per lo spinello K di cui è munita la canna, e segue naturalmente il declivio del pavimento fino allo scavo fatto in terra per riceverla. Il robinetto B C non potendo essere adattato che a grossi tubi ed anche poco solidamente, la figura 11 nc rappresenta un altro assai più comodo e che come il precedente non può fare ostacolo al corso ordinario dell'acqua; d'altronde siccome la chiave di quest'ultimo ha le stesse proprietà di

quella già descritta nell' articolo 1417, si può senza verun timore impedire che l'acqua passi oltre lo spiraglio, ed obbligarla ad uscire tutta per l'asta, mentre col primo robinetto, per arrestare il corso dell'acqua fa duopo andar a fermarne un'altra sotto la precedente.

1421. Siccome gli spiragli di cui parliamo non hanno nulla di comune con quelli che servono a scaricare i condotti, bisogna chiuderli con cateratte ferrate; di modo che si distinguono facilmente dalle altre; bisogna avere una nota delle loro situazioni col nome delle strade che possono bagnare, affinchè al momento che l'incendio comincia si sappia d'onde trarre soccorso; allora quelli che hanno la direzione delle acque debbono recarsi alle fontane che corrispondono ai condotti degli spiragli precedenti, onde farvi passare la maggior quantità d'acqua possibile arrestando il corso delle altre destinazioni, e se gli spinelli dei bacinetti di questi condotti non bastano, si può supplire con sifoni che faranno passar l'acqua delle vasche negli stessi bacinetti; finalmente si debbono chiudere tutti i robinetti delle braccia che potrebbero corrispondere al condotto principale per impedire che l'acqua non si divida.

1422. Si trarrebbe ancora molto soccorso da' serbatoj che sono presso i cessionarj se non si accordasse dell'acqua se non a condizione che abbiano un tubo chiuso da un robinetto per condurla nella strada a tre piedi sopra il pianterreno onde ricorrervi nelle circostanze interessanti essenzialmente il pubblico; alloraquando questi serbatoj si troveranno vicini ad un incendio non solo si approfitterà dell'acqua che vi si potrà trovare, ma si avrà pure la facilità di mantenerli pieni facendo passare nel loro condotto tant'acqua quanta ne potranno sostenere, perciò bisognerebbe costringere i concessionarj a servirsi unicamente di tubi che abbiano almeno 2 pollici di diametro; sta nella saggezza dei magistrati il non accordar grazia ai privati se non rapporto al bene pubblico, che deve essere lo scopo principale.

1423. A Parigi la condotta delle acque è divisa in due dipartimenti separati, il primo che appartiene al gran fontaniere di Francia abbraccia generalmente le acque riserbate ai regi palazzi, ed i fondi destinati alla loro manutenzione sono presi dal demanio del re. Il secondo che comprende tutto ciò che si riferisce alle fontane pubbliche e concessioni che ne dipendono, è di giurisdizione del Prevosto dei mercanti e degli scabini; e ad essi come dispensieri del denaro del comune spetta ordinare l'esecuzione delle opere necessarie alla condotta delle acque e di vedere se tutto è in ordine secondo i relativi regolamenti di Polizia, acciò la distribuzione delle acque non sia interrotta e si faccia giudiziosamente. Per giudicare da sè stessi se i loro subalterni si attengono esattamente ai loro doveri, vanno sovente alla visita delle macchine delle Fontane e vasche e de' spiragli in cui vi sono delle pubbliche e private distribuzioni a constatare le riparazioni od i nuovi progetti che hanno in mente.

Siccome vi è ogni apparenza che i grandi disegni da loro formati non tarderanno ad essere eseguiti, v'è luogo a sperare di vedere un giorno Parigi eguagliare l'antica Roma per la magnificenza delle sue acque: quanto è glorioso pei magistrati il meritare il titolo lusinghiero di padri del popolo manifestando la saggezza della loro amministrazione con monumenti che annuncino ai posteri l'esteso loro zelo per tutto ciò che interessa i bisogni e le comodità del pubblico.

1424. Se le acque pubbliche meritano una speciale attenzione fa duopo

ancora che i commessi incaricati della distribuzione di esse animati dallo stesso spirito sieno unicamente occupati a disimpegnare degnamente il loro ufficio; nessuna cosa debb' essere indifferente per loro, presentando questa parte dell' architettura idraulica ogni giorno nuovi argomenti di riflessione da cui possono cavar grandi vantaggi: quando si è applicati al dovere del proprio stato si trae profitto da ogni avvenimento e dagli stessi difetti.

Bisogna avere una pianta esatta della città per distinguere il cammino che terranno i condotti, la situazione delle fontane, spiragli, pozzi, robinetti, sfiatatoj, e che questa pianta sia accompagnata da una tabella che spieghi distintamente ogni cosa, con una livellazione generale che dia non solo la superiorità delle vasche le une riguardo alle altre, ma anche i declivj ed acclivj delle strade onde sapere all'istante tutto ciò che può interessare.

Si vuole della prudenza per distribuire le acque con economia secondo l'estensione ed i bisogni dei quartieri, essendo naturale farne passare di più alle fontane che sono distanti dal fiume e dei mercati onde lavarli: che se si lavora ad un condotto che interrompa il corso dell'acqua alla sua ordinaria destinazione bisogna aumentare la dispensa delle fontane che sono più al caso d'indennizzare, il quartiere che ne manca; e si deve anche osservare nel tempo che le acque saranno considerevolmente diminuite o per le grandi siccità o per interruzione di macchine di sospenderne il corso ai concessionarj per volgerli interamente a profitto del pubblico. Il comune di Parigi fu autorizzato ad usare in tal modo con un decreto del consiglio del re, dato il 26 novembre 1666, senza che questo decreto faccia menzione del termine dopo il quale l'acqua sarà loro resa.

Si deve aver cura di vuotare i tubi, le vasche ed i serbatoj all' avvicinarsi dei forti geli per prevenire i danni che potrebbero cagionare e di non rimettere mai le acque in corso senz' aprire i robinetti per lasciar sfuggire l' aria; convien anche regolare le riparazioni in guisa che non si sospenda il corso delle acque per una cosa sola a meno che non sia considerevole, e prendere così bene le proprie misure che si possa approfittare dell'occasione per eseguire ogni cosa relativa ad esse.

Importa estremamente di essere bene istrutti delle qualità e fattura di ogni materiale che si dovrà mettere in opera onde poterne fare una buona scelta ed impiegarli nel modo più vantaggioso conducendo gli operai senza affidarsi a loro per l'esecuzione dei lavori che meritano qualche attenzione. Che se queste opere non sono usuali bisogna comunicarne il progetto a uomini abili per approfittare dei loro lumi, e non calcolare troppo sopra sè stessi, considerando che vi sono degli errori irreparabili.

1425. Pochi uomini sono capaci di far eseguir bene i lavori di questa specie; però siccome sono di estrema importanza tocca ai magistrati impiegar soltanto uomini intelligenti forniti di buoni principj teorici e pratici, non dovendosi questi impieghi acquistare nè col denaro nè col favore. Un buon fontaniere non è un uomo dozzinale; poche commissioni richieggono più sagacità e prudenza; il giusto discernimento dei signori Prevosto dei Mercanti e Scabini della città di Parigi è segnalato nella scelta che fecero di Sirebeau per occupare degnamente un posto così difficile, avendomi le frequenti conferenze con lui avute sul proposito delle acque messo in istato di giudicare della sua capacità e de' suoi talenti; gli rendo di buon grado questa testimonianza di essere a lui solo debitore di tutte

le cognizioni che mi mancavano per scrivere questo capo in modo così istruttivo.

1426. Mi resta a parlare delle decorazioni convenienti alle fontane pubbliche secondo la loro situazione, ma siccome ciò appartiene del tutto all'architettora civile non mi vi arresterò; avrei nondimeno desiderato che Parigi mi fornisse qualche bel pezzo come se ne trova nella maggior parte delle città d'Italia e specialmente a Roma; ma la decorazione delle nostre fontane è così semplice, che tranne quella degl'Innocenti in angolo alla strada al ferro, che veramente è ammirabile per la sua regolare architettora e i suoi bassirilievi, si può dire che in tutte le altre nulla le innalza dal mediocre, perciò non ne riferisco che tre, le quali potranno servire di modello quando si vorrà usare economia; nondimeno per non stare soltanto a ciò ho arricchito questo capo con alcuni nuovi disegni di Blondel noto pel Trattato testè dato alla luce su la decorazione interna ed esterna degli edificj.

1427. Non vi sono che tre situazioni che possono convenire alle fontane pubbliche; la prima è di piantarle nella linea delle case di una via; la seconda in uno degli angoli retti o canti di un quadrivio che è il luogo più comodo per la distribuzione dell' acqua, perchè quando si trova alla sommità del declivio delle vie può servire di punto di divisione ai condotti che partirebbero da tale fontana per alimentare le altre; la terza è nel mezzo delle piazze pubbliche perchè d'ordinario vi si trovano gli stessi vantaggi e possono servire di ornamento.

1428. La tavola 4 comprende le facciate di tre fontane che dissi prese da quelle di Parigi che trovansi nella situazione conveniente al primo caso. La prima rappresenta la fontana di Porta San Germano di cui si è descritta la vasca di distribuzione nell'art. 1389, la seconda quella della Carità, via Taranne, e la terza quella che è in via s. Dionigi verso la porta: le loro piante sono nella Tavola 8.

1429. La Tavola 5 rappresenta uno dei nuovi disegni di fontana che mi fece Blondel per essere collocata come le precedenti in linea di una contrada; l'ordine è toscano rustico e la pianta è sulla Tavola 8.

La Tavola 6 rappresenta una fontana che si suppone collocata nell'angolo di una strada, nella seconda situazione; questo disegno offre un bel pezzo d'architettura la cui composizione deve produrre un bell'effetto per la forma esterna dell' edificio che fa un diversivo con l'interno come se ne può giudicare da una parte della pianta che è su la Tavola 8.

Finalmente la Tavola 7 comprende una delle 4 faccie di una fontana isolata secondo la terza situazione, il suo ordine che è de' più ricchi, è dorico perfettamente regolare coronato di un appoggio di pietra cui non si è messo balaustrata per far più maschio questo coronamento. Le quattro faccie sono simili e ciascuna nicchia dà dell' acqua come vedesi dalla pianta tavola 8. Per dare a quest'edificio un aspetto grandioso si è terminato a piramide, e nelle tavole che la compongono debbon esser poste delle inscrizioni e dei bassirilievi.

Siccome qui non si tratta di proporzioni architettoniche, nè dei vantaggi che risultano dal combinare la forma generale delle piante con la loro elevazione io non entro nell'armonia delle parti componenti i tre presentati disegni; solamente si propongono come idee convenienti alle tre situazioni in cui si possono erigere le fontane.

Quando le acque sono bastantemente abbondanti per zampillare di continuo e non si ha duopo di raccoglierle in un serbatojo, vi sono molti altri modi di distribuirle nel mezzo di una piazza pubblica onde si fa a meno d'innalzare un edificio espressamente, potendo a ciò bastare un masso di marmo, una piramide, una colonna, il piedestallo di una statua; ma siccome questi esempj sono comuni, non ho voluto darne disegni particolari essendomi sembrato conveniente dare un disegno di maggior importanza.

1430. Benchè abbia detto (1409) che bisogna dare alle vasche di distribuzione tutta l'elevazione possibile, giova osservare che questa massima non deve per nulla nuocere alla decorazione delle fontane, non essendo necessario che le loro facciate sieno sovrapposte alla gabbia che rinchinderà la vasca ed i tubi discendenti (1385) che si potranno collocare a quella distanza che si vorrà, perocchè basta salvare dietro queste facciate un sito comodo per collocare il serbatojo a cui si farà metter capo il tubo del bacinetto ad esso destinato (1384) e quello che deve ricevere lo sfioratore della cassetta (1395); cosicchè quando si avrà una fontana nel mezzo di una piazza pubblica, bisognerà se è necessario, collocare la gabbia in una casa vicina.

CAPO QUINTO

MODO DI DISTRIBUIRE E DIRIGERE LE ACQUE ZAMPILLANTI PER LA DECORAZIONE DEI GIARDINI.

1431. Per quanto sieno ben coltivati i giardini sembrano tuttavia poco piacevoli quando non sono animati da getti d'acqua; chi conosce Versailles, Marly, S. Cloud, Chantilly, Liancourt, Sceaux, confesseranno che questi bei luoghi hanno un certo che di languido quando dopo aver veduto per qualche tempo giocar le acque cessano tutt'a un tratto di zampillare: si cerca invano nella magnificenza degli oggetti che s'incontrano da ogni parte come fermare la propria ammirazione; non trovasi più ciò che si è perduto, mentre nell'estasi cagionata dalla varietà degli spettacoli diversi che presentano le acque l'immaginazione è soddisfatta e sembra non aver nulla da desiderare.

Il modo di dirigere le acque nei giardini d'importanza richiede molto gusto, arte ed industria per fare una piacevole distribuzione; questa materia è così vasta che se ne farebbe un grosso volume se si volesse trattare in tutta l'estensione; nondimeno senza uscire dai limiti che mi sono prescritto farò in modo di rinchiudere in questo capo tanto da soddisfare la curiosità di coloro che brameranno istruirsi delle principali regole che bisogna osservare, persuasi che per poco che in seguito lavorino da loro stessi saranno in istato di eseguire ciò che si può fare di più magnifico per abbellire i giardini.

1432. I pezzi principali che possono entrare nella decorazione dei giardini sono i getti, i fasci, i bacini, le fontane, le pergole, i nappi, le casse, piramidi, alberi d'acqua, cascate, grotte, teatri, archi trionfali e molti altri attributi puramente arbitrarj che dipendono della fecondità del genio di coloro che sono incaricati di progetti di questa specie, la cui abilità deve necessariamente consistere a far sì che la quantità d'acqua di cui si può disporre si moltiplichi, per così dire, ripetendosi sotto forme diverse ed a saper trarre tutto il partito possibile dalla situazione del terreno mettendo a profitto anche i luoghi più ingrati. I giardini di Versailles offrendo esempj di tutti i pezzi di cui si è parlato, vi ricorreremo come ai più magnifici del mondo, e non faremo che un cennò appena degli altri che si trovano altrove.

Avrei voluto arricchire questo capo con un numero di belle Tavole che avessero offerto l'effetto dei pezzi di cui ho dato un'idea; ma siccome ciò non si sarebbe potuto fare senza una grande spesa che avrebbe considerevolmente aumentato il prezzo di questo volume per un soggetto che non

interessa essenzialmente i bisogni della vita, mi sono contentato di raccogliere nella prima Tavola di questo Capo varj pezzi che insieme compongono un bel tutto, la cui semplice ispezione basterà a dare un' idea dell'effetto che producono in un giardino le acque zampillanti.

1433. Nessuno ignora che un getto d'acqua si slancia perpendicolarmente uscendo da un foro circolare che dicesi becco, il quale determina la grossezza del getto praticato all'estremità di un pezzo di tubo verticale collocato nel mezzo di un bacino che riceve l'acqua del getto, questo bacino si fa circolare od ovale, e talvolta si fa di figura ottagona od esagona, e si pone nel mezzo di una platea o all' estremità di un gran viale in faccia al corpo di fabbricato. Quando si ha molt' acqua invece di un getto se ne fanno più, la cui situazione dipende dalla disposizione de' luoghi; nondimeno bisogna fare in guisa nel collocarli, che dalle parti principali del giardino si possano vedere in fila, questa ripetizione dividendo piacevolmente la vista che sembra vederle in maggior numero di quello che sono effettivamente per ciò, fa duopo che le parti del giardino sieno soggette alla distribuzione delle acque e che i viali sieno disposti vantaggiosamente onde scoprire da lungi nei boschetti ciò che vi sarà d'interessante.

1434. Riguardo alla grandezza che convien dare ai bacini, è difficile determinarla poichè dipende da molte circostanze che non si possono vedere che nel tempo dell'esecuzione; ma si vede bene che in un picciolo spazio si farebbe male a fare un gran bacino e che al contrario in un vasto giardino un bacino picciolissimo converrebbe assai male, nondimeno si preferiranno sempre i grandi bacini quando potranno aver luogo senza guastare il disegno generale. Di qualunque grandezza si facciano non bisogna dare ad essi più di 20 o 24 pollici di profondità, a meno che non sieno grandi pezzi d' acqua come quelli di cui parleremo in seguito.

1435. Un *fascio* d'acqua è composto di molti piccioli getti poco alti collocati nel mezzo di un bacino; per operar bene fa duopo che s' innalzino a' piani onde comporre una specie di piramide il che si fa mediante varj ranghi di tubetti situati circolarmente intorno ad un altro più grosso che forma il getto di mezzo, tale è il fascio che si vede a Chantilly. Daviler nel suo Corso d'Architettura parla di una specie di fascio che chiama *girandola d' acqua*, la quale è pure un fascio composto di varj getti che s'innalzano impetuosamente e che per mezzo dell'aria rinchiusa imitano il fragore del tuono, la pioggia, la neve.

1436. Quando un bacino è di qualche grandezza può comprendere più getti d' acqua accompagnati da figure di marmo e di bronzo prese della Mitologia come se ne vede a Versailles un gran numero di bellezze maravigliose: tale è per esempio il bacino di Latona situato sotto il laghetto con tre figure di marmo bianco che sono nel mezzo rappresentanti *Latona* e i suoi figli accompagnati dai paesani, cambiati in rane di bronzo dorato, più basso all' estremità del viale regio, è un altro bacino in mezzo a cui sta Apollo sopra un carro trionfale tirato da quattro cavalli, a' suoi fianchi sono le figure dei quattro venti che soffiando nelle loro conche, gettano acqua da ogni parte; su la stessa linea si scopre il gran canale d' acqua lungo 750 tese per 40 di larghezza e sette piedi di profondità.

Vedesi pure lì presso il labirinto, occupato da Bacco accompagnato da Satiri e da getti d'acqua, e l'esterno di questo bacino è rivestito di pampini e di grappoli di metallo. Nell'opposto boschetto vi è un altro bacino occupato da Cerere, dal mezzo esce un getto di prodigiosa grossezza circondato da otto altri e i suoi margini sono rivestiti da fasci di bronzo dorato.

Più lungi s'incontra un altro bacino il cui mezzo è occupato da Flora; questa dea è circondata da un gran numero di getti d'acqua in mezzo ai quali se ne alza uno sopra gli altri formando un vago pennacchio. A lato di questo bacino vi è quello di Encelado in cui si vede questo Gigante oppresso dalle roccie accumulate per assalire il cielo; la grossezza dalla sua figura è quattro o cinque volte maggiore del naturale; dalla sua bocca esce un getto della grossezza del braccio, che innalza a 25 piedi d'altezza. Vedesi pure uscir dalle roccie una quantità di gorghi d'acqua che offrono un magnifico spettacolo.

Non terminerei più se volessi menzionare tutti i superbi bacini che s'incontrano ad ogni passo. Uno de' più belli è quello dell'isola di Amore o l'isola Reale formante un canale in mezzo a cui è un'isola circondata da otto getti.

1437. *I nappi d'acqua* fanno pure un bellissimo effetto nei giardini, ma non bisogna che cadano da una grande altezza, altrimenti si rompono e lasciano degli intervalli vuoti; i più belli sono i più guerniti; perciò debbono dispensare almeno 2 pollici d'acqua per ogni piede di lunghezza. Quindi avendo un nappo d'acqua di 10 piedi occorreranno 20 pollici per la sua dispensa. Se ne vede uno bellissimo a Versailles, ed uno più bello ancora a Chantilly che serve ad alimentare il canale e la maggior parte degli altri giuochi del giardino.

1438. Nei giardini ove sono acque zampillanti si chiamano fontane, varie coppe di marmo o di bronzo che vanno diminuendo, posti a' piani sopra un'asta comune che termina in un gorgo d'acqua che cade su la coppa del vertice; d'onde a cascata discende ancora nelle inferiori formando nappi d'acqua di bellissimo effetto. Queste fontane sono sempre situate nel mezzo d'un bacino che ad esse serve di scaricatojo, come è a Versailles la fontana della stella composta di 5 nappe formanti insieme un monte di acqua.

Talvolta queste fontane sono terminate da una statua che vomita l'acque come a Versailles quella della Fama, che rappresenta questa divinità con una tromba da cui esce un getto d'acqua che s'innalza estremamente alto; questa figura ha sotto i piedi un globo che dà luogo ad un bel nappo. Il bacino è circondato da una balaustrata di bronzo dorato sostenuta da piedestalli da ciascuno de' quali esce un gorgo d'acqua che scorre in un rivo su l'appoggio della balaustrata d'onde si restituisce nel bacino formando un nappo.

Quando molte fontane sono collocate di seguito sopra una stessa linea in un luogo vantaggioso presentano un bellissimo colpo d'occhio. Non si possono vedere senza ammirazione le tre fontane del viale d'acqua di Versailles che è una delle più belle cose del giardino; vedesi pure a Liancourt, superbo castello distante 10 o 12 leghe da Parigi, una fontana di grande bellezza come altre cose che rendono il giardino uno de' più magnifici e piacevoli dopo quelli di Versailles e Chantilly.

Le fontane producono pure un bellissimo effetto quando sono collocate

in mezzo al piano di una gradinata ad anfiteatro formata da terrapieoo; allora ve ne possono esser due l'una sopra l'altra io guisa che la più elevata sovvanga la seconda come è rappresentato nella Tavola seconda, ove si suppooe che sopra un terrapieno al piede di una balaustrata sia una fontana isolata posta nel mezzo di un bacino d'onde l'acqua sbocca da una maschera che la versa nella prima coppa di una seconda fontana sovrapposta ad un muro decorato di architettora rustica. È questo un picciolo esempio riferito così di passaggio per approfittare dello spazio rimasto su l'ultima tavola di queste opere dopo avervi tracciato il profilo di un bacino del quale daremo la costruzione alla fiue di questo Capo.

1439. Ciò che si chiama *fungo d'acqua* è una specie di coppa rovescia fatta di marmo tagliata a conchiglia superiormente sostenuta da un fusto che dà a questo pezzo la vera forma di un fungo; a traverso del fusto passa un tubo la cui estremità termina al vertice, se oe fa uscire un getto grosso e di poca elevazioue, l'acqua cadendo gorgoglia e forma un nappo circolare che produce un piacevole effetto; talvolta si pone un fungo nel mezzo di una gran coppa situata nel bacino e allora l'acqua cadendo nella coppa zampilla sopra i margini, di là nel bacino e forma due nappi invece di uno.

1440. I *buffetti* d'acqua si collocano talvolta nei boschetti o cootro il muro del ripiano di una scala a due rampe non dovendo questo pezzo essere isolato, ma poggiato contro una pergola di verdura che le dia effetto; essa è composta di una grande tavola di marmo elevata sopra una strada a cui si sale per due o tre gradini; su questa tavola sono varj gradioi a piramide, con guerniture di vasi di rame dorato, il corpo di ciascuno de' quali è formato dall'acqua in guisa che sembrano di cristallo vermiglio; ve ne sono due di questo genere nel boschetto della palude di Versailles: si adornano pure di maschere, delfini di marmo o di bronzo ed altre figure che vomitano l'acqua, talvolta pure il fondo del buffetto rappresenta una decorazione d'architettura rustica o una grotta composta di rocce, stalatiti, petrificazioni, conchiglie e foglie d'acqua.

A Trianon esiste il più bel buffetto che si possa vadare praticato nell'incavatora di una spalliera all'estremità di un adito; essa è composta di tre gradini di forme piacevolmente variate, incrostati di marmo bianco e di Linguadoca; questo buffetto è accompagnato da due figure una delle quali rappresenta uo fiume, l'altra una Najade, ciascuna sostenendo un'urna da cui esce un grosso gorgo ed ai fianchi sono due dragoni che vomitaoo l'acqua in un bacino; queste acque e quelle di molti funghi e candelabri d'acqua disposti con molta grazia formano cadeodo di bacino in bacino varj nappi di maraviglioso effetto pel contrasto del loro candore coi diversi colori del marmo, della doratura e delle sculture.

1441. Si fanno anche delle pergole d'acqua che si collocano d'ordinario nei viali di un boschetto; si dispongono su due linee lungo le piattabande varj tubetti che corrispondono ad altri più grossi e formano con la loro inclinazione de' getti parabolici che s'incrociano uno presso l'altro e compongono arcate sotto cui si può passare senz'essere molto bagnati, come nei cinque viali del boschetto della stella a Versailles.

1442. Si può anche facendo terminare un condotto al piede di un albero staccarne dei tubi applicati al fusto per spandersi di là lungo le braccia per varj piccioli rami disposti in modo che l'acqua zampilli da ogni

parte il che produce effetto incantevole pel suo mescolarsi con la verdura; in tal modo è disposto a Versailles con molt' arte l'*albero d'acqua* o *quercia verde* situata in mezzo al sito detto la palude.

1443. Una *cascata* si forma dalla naturale od artificiale caduta dell'acqua essa non può aver luogo se non si ha un' eminenza alla cui sommità vi sia dell' acqua di cui si possa disporre; se essa è prodotta da una sorgente abbondante o se l' abbia condotta con un taglio da uno stagno o da un fiume che vi fosse nei dintorni, allora la cascata è naturale come la famosa di Tivoli che passa per una maraviglia; e invece chiamasi artificiale quando l' acqua onde si alimenta è innalzata da qualche macchina come quella che era un tempo dietro il castello di Marly che si è distrutta da qualche anno benchè fosse delle più magnifiche. Le cascate sono disposte a gradini di pietra o di marmo che hanno da 6 fino a 15 piedi di lunghezza disposti sopra una rampa come quelli di una scala sostenuti lateralmente da muri, che fanno le veci dell' anima; tutti questi gradini sono incavati secondo la loro lunghezza ond' avere de' rialzi che facciano ondeggiare l' acqua che ne esce; alla sommità della cascata vi è un bacino che riceve l' acqua di tre tubi, ciascuno de' quali termina alla gola di un mascherone che la vomita; sono essi applicati ad un muro come nelle fontane comuni e l'acqua prima di entrare nel bacino è ricevuta da tre grandi conchiglie che servono a formare altrettanti nappi d' acqua che in seguito percorrono la cascata dall' alto al basso.

1444. Non parlerò delle diverse cascate che si vedono a Versailles; ma non posso tacere di quella di S. Cloud nel giardino di questo castello in mezzo ad un bosco sopra un fianco che si atende lungo la Senna. Il giro delle acque vi forma uno spettacolo dei più incantevoli, munito di un gran numero di pezzi che fanno insieme la più bella cosa che finora siasi eseguita in tal genere.

A Sceaux vedesi pure una bellissima cascata arricchita di varie scene che la rendono ammirabile specialmente in un luogo elevato com'è il giardino, ove non si dovrebbe aspettare di vedervi tanta abbondanza d' acqua che va a terminare in un gran bacino nel cui mezzo è un bellissimo getto d' acqua.

1445. Quando le cascate hanno molta altezza vi si fa nel mezzo un ripiano o riposo ove si dispongono tritoni, delfini ed altre figure che vomitano l' acqua per variare lo spettacolo; queste acque essendo ricevute in un bacino praticato su lo stesso ripiano, possono di là essere condotte da tubi per formare molti getti al piede della cascata, tanto nel bacino grande come in quelli che si possono mettere allato sopra una stessa linea; allora quando questi getti sono posti vicinissimi si chiamano graticci d' acqua; e siccome suppongo che le acque che sovvengono al ripiano sieno derivate dal serbatojo all' alto, le nappe che verranno dalla rampa superiore sovverranno all' inferiore.

1446. Per accompagnare una cascata dall' alto al basso con qualche cosa che la termini piacevolmente da ogni parte, vi si fanno due ranghi di piccioli bacini che servono a rivestire il disopra dei muri rampanti che abbiam detto far le veci dell'anima; nel mezzo di ciascun bacino vi è un getto la cui acqua a misura che ricade sgorga per un tubo che la conduce onde sovvenire ad un altro getto e di là ad un altro ancora; perchè è sempre

la stessa che esce e che rientra. Intendo che di due ranghi di bacini praticati su ciascuna rampa, l'acqua del primo che per conseguenza è alla testa della cascata passa per un tubo che somministra il getto del terzo bacino, di là quello del quinto e così di seguito secondo i numeri dispari 1, 3, 5, 7, 9 ecc. Ecco ciò che compone il primo rango; in quanto all'altro, l'acqua del secondo bacino sovviena al getto del quarto; da questo passa al sesto e così all'ottavo secondo i numeri pari 2, 4, 6, 8, 10 ecc.; cosicchè non si hanno che due tubi i quali partendo dal bacino superiore forniscono su ciascuna rampa il primo ed il secondo getto, a quest'acqua stessa si ripete per mantenere tutti gli altri getti seguenti quand' anche fossero 100. Se si fa passare l'acqua dal primo al terzo bacino e quella del secondo al quarto è per dare maggior elevazione a ciascun getto; perchè se i bacini per esempio non fossero che di tre piedi superiori gli uni agli altri i getti non avrebbero che tre piedi circa di altezza invece che il terzo getto essendo fornito dal primo bacino avrà presso a poco 6 piedi e sarà così degli altri.

1447. Allato di tali bacini si collocano vasi di fiori e grandi vasche di marmo o di bronzo, e a destra ed a sinistra della cascata si fanno delle scale di pietra o salite erbose. Quanto alla posizione delle cascate nessuna è più conveniente di un bosco; la verzura degli alberi e della terra, l'ornamento delle statue e dei vasi e la bianchezza delle acque facendo una bellissima mistura ed un contrasto dei più piacevoli all'occhio; d'altronde le grandi cascate non si costruiscono d'ordinario che per correggere il cattivo effetto che cagiona una collina od altra eminenza che toglie la vista della campagna dall'altra parte, e quest'altezza non può essere occupata meglio che da un bosco che dando freschezza ed ombra contribuisce all'abbellimento del giardino, perciò non si tralascia di piantara degli alberi in simili luoghi, quando non ve ne sieno naturalmente.

Si praticano ancora altre cascate più picciole nelle nicchie di spalliere o di pergolati in mezzo alla curva di una scala ovvero alla testa di un pezzo d'acqua; e per maggiore magnificenza si adornano di conchiglie, di roccie, di stalattiti e di figure convenienti alle acqua, come fiumi, tritoni, najadi, ninfe acquatiche, dragoni, delfini, cavalli marini a'quali si fa vomitar dell'acqua per la gola e per le narici.

1448. I più bei pezzi convenienti ancora alle acque sono gli archi trionfali ad i teatri costrutti di marmo e pergolati a cui si danno diverse forme che possono convenire ad una decorazione architettonica, accompagnati da bassirilievi, coppe, vasi, girandole, lumi di bronzo dorato. Versailles presenta due pezzi di questa specie che sono di gusto squisito: presso il viale dell'acqua si trova un arco trionfale che è uno dei pezzi più sorprendenti di questo giardino incantato; quando la acque agiscono si crederebbe vedere un palazzo di cristallo ornato di tutto ciò che l'arte e la magnificenza possono offrire di più maraviglioso: due buffatti superbi e quattro piramidi d'acqua sul gusto di quelle che si vedono nella Tavola I adornano i due lati di un boschetto nel fondo de' quali sono varj gradini che mettono capo ad una strada corrispondente ad una decorazione che non intraprendo a descrivere persuaso che non ne potrei dare se non un' idea imperfettissima: dirò soltanto circa le piramidi che varj tubi salgono interiormente lungo i loro quattro spigoli per spandere dell'acqua su

le tavole di piombo dorato situate nel sito di ciascun scaglione e formano tanti nappi d' acqua che si riuniscono cadendo.

1449. In quanto ai teatri d'acqua se ne vede uno a fianco della palude presso la fontana di Cerere, la sua figura è quasi rotonda, disposta a teatri ed anfiteatri formati di cascate munite di rampe che sono altrettante capanne d'acqua praticate nei viali degli orni: quattro nicchie di carpini contengono una fontana per ciascheduno, ornata di grandi conchiglie di marmo, contenenti gruppi di putti di metallo dorato che sembrano folleggiare intorno ad un getto d'acqua che vedesi innalzato fra essi, ma ciò che vi è di più ammirabile sono le decorazioni delle scene che presenta l'acqua pei diversi modi di zampillare.

1450. Vedesi anche a Frascati un bellissimo teatro d' acqua formato da una cascata e molte nicchie praticate in una decorazione architettonica ornata di roccie e di statue che spandono l'acqua da ogni parte. Questo palazzo vicino a Roma comprende un gran numero di pezzi rari sul gusto di quelli di cui parliamo, e fra gli altri una grotta che contiene il monte Parnaso su cui vedesi Apollo e le nove Muse suonanti diversi stromenti da fiato che rendono suoni dolcissimi pel moto dell'acqua e dell'aria.

1451. Uno dei pezzi più superbi che la natura e l'arte abbia formato per abbellimento di un giardino, è quello che trovasi in un castello su Monte-Charles presso Cassel in Germania; questo castello ed il giardino sono collocati sul fianco di una montagna dalla cui sommità discende abbondantemente dell'acqua viva che dà luogo al più bello spettacolo del mondo.

Si sono praticate lungo il pendìo varie terrazze molto larghe su cui si sono costrutte delle grotte e piccioli padiglioni decorati di rustica architettura, composta di roccie, stalattiti, petrificazioni e conchiglie di ogni specie di colori; d'onde esce un numero infinito di polle d'acqua: sopra una di queste terrazze, è un anfiteatro ornato di statue, alle quali il concorso ingegnoso dell'aria e dell'acqua fanno suonare diversi stromenti musicali; ma ciò che merita maggiore ammirazione sono le varie grandi e magnifiche cascate d'acqua lungo le quali l'acqua discende da una terrazza all'altra e che danno luogo cammin facendo a giuochi d'acqua di ogni specie, che non è possibile descriver bene e nemmeno i soggetti che le accompagnano senza entrare in un dettaglio che non mi è permesso dalla brevità di questo capo.

Io non ignoro che vi è ancora in molti luoghi d' Europa un gran numero di magnifici giardini, ove l'acque zampillanti sono distribuite con molt'arte; ma siccome non ho preteso di riferire tutto ciò che di più bello si è eseguito in questo genere, così mi limiterò agli esempi da me citati che mi sembrano sufficienti per dare delle idea a coloro che saranno in posizione di usarne.

1452. Ecco in generale i diversi modi con cui si possono far agire le acque zampillanti, e siccome eccettuati i nappi d'acqua tutto il restante si riferisce a getti diversamente distribuiti, tratterò amplamente questo soggetto onde si possa calcolare la dispensa delle acque secondo la quantità bisognevole a ciascun soggetto relativamente alla dispensa totale di cui si può disporre: ricordandoci *che pei grandi nappi che scorrono naturalmente, occorrono due pollici d'acqua ogni piede lineare;* riguardo agli altri nappi delle

serbatoj che cresce aumentando di 5 in 5 piedi, e la quarta quelle dei getti degli stessi serbatoj.

1457. Per dire qualche cosa del modo ond' è stata calcolata la quarta colonna, si osserverà che siccome i difetti dei getti sono nella ragione dei quadrati delle altezze dei getti stessi, così avendo l'altezza di due diversi serbatoj e quella del getto che corrisponde al primo, si troverà l'altezza del getto del secondo, perocchè chiamando a l'altezza del primo serbatojo; b quella del suo getto; c l'altezza del secondo serbatojo; x quella del getto b, e $c-x$ quella del getto x; si avrà questa proporzione $b^2:x^2::a-b:c-x$; d'onde si deduce $ax^2-bx^2=b^2c-b^2x$; e supponendo $a-b=d$, si avrà $d^2x^2=b^2c-b^2x$, ovvero $x=\sqrt{\frac{b^2c}{d}+\frac{b^4}{4d^2}}-\frac{b^2}{2d}$.
Supponendo ora $a=61$ pollici, $c=360$ pollici ovvero 30 piedi, si avrà $a-b$ ovvero $d=1$; facendo il calcolo si troverà che x vale 329 pollici ovvero 25 piedi e 5 pollici, la quale è l'elevazione a cui deve salire un getto il cui serbatojo è di 30 piedi d'altezza.

1458. Qui bisogna fare un rilievo importante che sembra sfuggito a Mariotte, ed a tutti quelli che scrissero sul moto delle acque, ed è che i difetti dei getti non saranno quali si vedono marcati su la tavola se non in quanto lo spinello sarà il punto più basso del condotto acciò la velocità dell'acqua all'istante dell'efflusso possa essere espressa dalla radice dell'altezza del livello dell'acqua del serbatojo al di sopra dello stesso spinello, altrimenti se il condotto forma il sifone, ed il braccio di fuga fosse di sensibile altezza, la velocità dell'acqua non sarà espressa dalla radice del battente cioè dell'altezza del livello dell'acqua al di sopra dello spinello, ma soltanto dalla *differenza delle radici delle altezze che indicheranno l'elevazione del serbatojo e dello spinello al di sopra dell'infimo punto del condotto*, perocchè tutto ciò che abbiam detto al principio del Capo secondo di questo libro su l'azione dell'acqua nei condotti, si applica naturalmente alla teoria dei getti; perciò consiglio di rileggere questo passo per entrar meglio nel mio pensiero che renderò più sensibile con un esempio.

1459. Supponendo che A tav. 2 fig. 3ª rappresenti un serbatojo elevato per l'altezza AB sopra il piano BC di un giardino, e che il condotto ABC corrisponda all'asta CD di uno spinello D che sovviene al getto DH situato nel mezzo di un bacino, è indubitato che facendo astrazione dagli attriti il difetto di questo getto riguardo alla propria altezza corrisponderà alla regola di Mariotte; perocchè la velocità dell'acqua allo sbocco dello spinello D potrà essere espressa dalla radice dell'altezza AB che suppongo estremamente grande rapporto a CD; ma se il condotto in luogo di venire direttamente da B in C, formasse passando per una valle il sifone AEFG per venir poscia da G in C, allora la velocità dell'acqua nel punto D non dovendo più essere espressa dalla differenza delle radici delle altezze ML e KL, non sarà così grande come nel primo caso, il che farà sì che il getto invece di salire fino in H non giugnerà che in I. Quindi il suo difetto sarà molto più grande che non dovrebbe essere naturalmente e tanto più quanto minore sarà la differenza fra le altezze ML e KL. Ecco la principale cagione onde in varj giardini l'altezza dei getti non è prossimamente tanto grande come dovrebbe essere, perocchè si è valutato il

loro difetto non avendo riguardo che all'altezza del battente senza fare attenzione al cammino del condotto.

Per fare applicazione al precedente rilievo supporremo che l'altezza ML sia di 50 piedi e KL di 15 piedi e 4 pollici; quindi il battente MK sarà di 34 piedi e 8 pollici: se si cercano le velocità ogni secondo che corrispondono alle due prime cadute, si troveranno 54 piedi e 9 pollici per quella di cui può esser capace il braccio di cacciata ABL, e di 30 piedi e 3 pollici per quella del braccio di fuga GFL, la cui differenza è 24 piedi e 6 pollici per la velocità che l'acqua deve avere all'uscita dello spinello D che corrisponde ad una caduta di 10 piedi (608), e si troverà nella quarta colonna della Tavola prima, (1) che il getto non salirà che a 9 piedi ed 8 pollici, come se fosse fornita da un serbatojo di 10 piedi d'altezza soltanto; il che dimostra l'errore in cui si cadrebbe se si calcolasse su l'elevazione del getto di cui può essere capace un serbatojo alto 34 piedi ed 8 pollici.

1460. In qualunque modo sieno disposti i condotti non possono i getti salire ad un'altezza prossima a quella che si trova col calcolo se il quadrato del diametro dello spinello moltiplicato per la velocità dell' acqua che ne esce, dà un prodotto eguale o minore di quello del quadrato del foro praticato al fondo del serbatojo per la velocità che l'acqua può avere allo sbocco, come si è detto nell' art. 532; e per far bene conviene che la quantità d' acqua che potrebbe fornire il condotto sia più grande di quella che lo spinello dispenserà, onde aver riguardo alle circostanze riferite negli articoli 1218 e 1219; d' onde è facile dedurre la ragione per cui quando si sopprime lo spinello di un getto, l'acqua cessa di salire alla ordinaria altezza e non forma più uscendo a gola piena se non un grosso fascio di poca elevazione.

Ne segue che se nell'articolo 1459 si fosse soppresso lo spinello D, per lasciare uscire l' acqua a gola piena bisognava bene che salisse all'altezza di 9 piedi ed 8 pollici poichè è tutto ciò che potrebbe fare se il battente fosse completo, cioè se la sua velocità nel discendere nel braccio di fuga fosse quasi insensibile.

Se si richiama ciò che abbiamo esposto su gli attriti dell'acqua negli articoli 1220 e 1221 vedrassi che l'altezza dei getti deve anche essere alterata da questa parte e tanto più quanto la condotta sarà più lunga. Molti che fecero delle sperienze su questa materia pretendono che quando il diametro del condotto sia proporzionato a quello dello spinello, il difetto dei getti aumenti di un piede ogni 100 tese di lunghezza del condotto.

1461. Le diverse cagioni che alterano la velocità dell' acqua non potendo diminuire l' altezza dei getti senza diminuire anche la loro portata sembra che non si possa valutar meglio in pratica che per mezzo di un' esperienza; e siccome Mariotte dedusse da quello ch' ei fece in proposito: *che un serbatojo alto 52 piedi con un condotto di 3 pollici di diametro ed uno spinello di 6 linee dispensava 8 pollici d' acqua ovvero 112 pinte ogni minuto, e formava un getto che s' innalzava presso a poco all'altezza a cui doveva giugnere*, noi ci serviremo di questi numeri per le regole che stabiliremo, considerando, come dice Mariotte: *Che si può prendere*

(1) Le tavole si trovano alla fine del presente Capitolo.

per fondamento che un serbatojo di 52 piedi debba avere un condotto di 3 pollici di diametro quando lo spinello è di 6 linee e che il getto salirà tutta l'altezza che deve avere (1).

1462. Quando si vuol fare un getto, il diametro dello spinello deve regolarsi su la quantità d'acqua che può somministrare al serbatojo, e su la parte che si destina a tal uopo, relativamente alla distribuzione generale; quindi supponendo che si voglia avere un getto che dispensi 310 pinte d'acqua ogni minuto proveniente da un serbatojo alto 80 piedi si domanda il diametro dello spinello.

Bisogna risovvenirsi che la dispensa di due serbatoj di diverse altezze e che corrispondono a spinelli ineguali *sono nella ragione composta delle radici delle altezze dei serbatoj o delle velocità dell'acqua e dei quadrati dei diametri degli spinelli* (452), quindi chiamando x il diametro cercato, si avrà secondo la regola sperimentale testè citata, $\sqrt{52} \times 36 : 112$ pinte :: $\sqrt{80} \times x^2 : 310$ pinte ovvero $\sqrt{52} \times 36 : 112 :: \sqrt{80} \times x^2 : 310$. Per semplificare questa proporzione si può farne svanire i segni radicali cercando una media proporzionale fra 52 ed 80 che sarà 64 3/5, allora si potrà far uso dei numeri 52 e 64 3/5 invece di $\sqrt{52}$ e di $\sqrt{80}$, e si avrà $52 \times 36 : 112 :: \frac{323}{5} \times x^2, 310$, ossia $1872 : 112 :: \frac{323x^2}{5} : 310$, *d'onde* si deduce $\frac{36176\,x^2}{5} = 580320$, ovvero $x = \frac{\sqrt{2901500}}{36176} = 9$ linee, il che fa vedere che il diametro dello spinello deve essere di 9 linee.

1463. Siccome i calcoli precedenti, benchè molto semplici, non lascierebbero d'imbarazzare coloro che hanno più pratica che teoria; aggiugnerò una seconda Tavola (2) molto comoda per conoscere tutto ad un tratto la dispensa degli spinelli, che avrebbero dalle 2 fino alle 30 linee di diametro per le diverse altezze de' serbatoj da 5 fino a 100 piedi di altezza aumentando di 5 in 5 piedi; per esempio si ha un serbatojo di 40 piedi di altezza d'onde si vuol dedurre 280 pinte, ovvero 20 pollici d'acqua ogni minuto per fare un getto, si chiede la grandezza del diametro dello spinello acciò il getto giunga alla sua maggiore altezza e dispensi presso a poco la data quantità d'acqua: bisogna cercare il numero 40 nella prima colonna che comprende l'altezza de' serbatoj e su la stessa linea prendere il numero che più si avvicina a 280 che qui è 270; poscia risalire fino alla sommità, si troverà 10 pel diametro dello spinello, perocchè tutti i numeri che sono al vertice delle colonne di questa Tavola, indicano i diametri degli spinelli e quelli di sotto la loro dispensa riguardo all'altezza de' serbatoj.

1464. Avendo l'altezza di un serbatojo di 60 piedi ed il diametro dello spinello di 8 linee, per conoscere la dispensa del getto fa duopo cercare nella prima colonna il numero 60, andare su la stessa linea fino sotto il diametro di 8 linee e si troveranno pinte 212 per la dispensa del getto.

1465. Conoscendo la dispensa di un getto di 150 pinte ogni minuto per uno spinello di 7 linee di diametro, trovare la più grande altezza a cui potrà giugnere il getto: bisogna cercare al di sopra della tavola il diametro 7 e percorrere la sua colonna fino al numero più vicino a 150,

(1) Sul principio della parte V del suo Trattato del moto delle acque.
(2) Vedi alla fine del libro.

che si troverà 147, poscia su la stessa linea prendere nella prima colonna il numero corrispondente che è di 50 piedi per l'altezza del serbatojo che corrisponde nella prima tavola ad un getto di 43 piedi e 3 pollici di altezza.

1466. Più sono elevati i serbatoj, con maggiore velocità l'acqua deve sgorgare nei condotti; ma se per via incontra ostacoli che la ritardano, i getti non andranno a tutta l'altezza che loro conviene, il che succederà sempre quando i tubi sono troppo stretti, perocchè l'acqua non sgorgando liberamente, gli spinelli non sono sovvenuti tanto abbondantemente come dovrebbero essere; perciò non bisogna sempre giudicare dell'altezza di un serbatojo nè della quantità d'acqua che può dispensare, dall'altezza del getto che gli corrisponde, poichè succede di spesso che un serbatojo elevato 50 piedi dà un getto che non giugne se non a 25 o 30 piedi; e per questo quando si vorrà giudicare della dispensa senza curvare l'elevazione del suo serbatojo, bisogna [illegible] soltanto quella che deve convenire al getto di cui si tratta.

1467. Abbiasi un getto di 35 piedi d'altezza e di 11 linee di diametro e si voglia sapere la quantità d'acqua che dispensa: bisogna cercare nella prima tavola l'altezza del serbatojo che deve convenire ad un tal getto e si troverà piedi 30 e 1 pollice; poscia nella prima colonna della Tavola seconda osservare il numero più vicino a 30 piedi che è 40, e su la stessa linea sotto il diametro di 11 linee prendere il numero 328 per la dispensa del getto ogni minuto.

1468. È dunque essenziale quando si vuole che i getti arrivino a tutta la loro altezza che i condotti sieno di conveniente grossezza, cioè proporzionata alla quantità d'acqua che vi deve passare nello stesso tempo, e perciò *fa duopo che i quadrati dei loro diametri sieno in ragione della dispensa dei getti o come le radici quadrate dell'altezza dei serbatoj*; ma avendo veduto (1461) che un condotto di 3 pollici di diametro corrispondente ad uno spinello di 6 linee la cui dispensa era 112 pinte ogni minuto dava un getto che saliva a tutta la sua altezza, quest'esperienza potrà servire di base a trovare il diametro di un condotto comunque, appena si saprà la dispensa del suo getto.

1469. Per esempio si ha un serbatojo di 50 piedi d'altezza e si vuole estrarre un getto con un spinello di 9 linee, si troverà nella seconda Tavola, che acciò il getto tocchi la sua più grande altezza, deve dispensare 244 pinte ogni minuto; e volendo conoscere qual diametro si dovrà dare al condotto, affinchè l'acqua sgorgando senza stento sovvenga abbondantemente allo spinello, bisogna stabilire quest'analogia: se 112 pinte danno 9 pel quadrato del diametro di 3 pollici, che daranno 244 pinte pel quadrato del diametro che si cerca; troverassi $19\frac{34}{56}$ la cui radice quadrata è circa 4 pollici e 5 linee pel diametro del secondo tubo, che non sarà male farlo di 5 pollici.

Poichè la grossezza dei condotti debb'essere proporzionale alla quantità d'acqua che deve passare per gli spinelli, ne segue che quando i serbatoj avranno la stessa altezza, i diametri dei condotti saranno nella ragione di quelli dei loro spinelli.

1470. Per dare a quelli che si applicano alla condotta delle acque tutte le facilità che possono desiderare in pratica, aggiugnerò ancora una terza

Tavola pei diametri dei condotti in relazione all' altezza de' serbatoj e alla grandezza degli spinelli; per conseguenza alla dispensa dei getti.

I diametri dei condotti si trovano alla sommità della tavola e vanno aumentando da 2 fino a 12 pollici. La prima colonna comprende l' altezza de' serbatoj e in tutte le altre si trovano i diametri in linee degli spinelli relativamente all' altezza de' serbatoj e alla grossezza dei condotti.

1471. Avendo un serbatojo di 25 piedi d' altezza e il diametro dello spinello di 6 linee, chiedesi quello del condotto: bisogna cercare nella prima colonna il numero 25 e su la stessa linea giugnere fino al numero 6, diametro dello spinello, si troverà al vertice della colonna 2 pollici e 1/2 per quello del condotto.

1472. L' altezza del serbatojo essendo data di 30 piedi e il diametro del condotto di 6 pollici si cerca quello dello spinello. Cercato nella prima colonna il numero 30, bisogna andare su la stessa linea sotto il diametro di 6 pollici che si trova alla sommità della tavola e prendere il numero 13 che indica che il diametro dello spinello deve avere 13 linee.

Del pari conoscendo il diametro dello spinello di 15 linee e quello del condotto di 7 pollici chiedesi l'altezza del serbatojo o quella del getto; bisogna cercare alla sommità della Tavola il diametro di 7 pollici, discendere nella colonna che gli corrisponde fino al numero 15, e su la stessa linea prendere nella prima colonna l' altezza che si cerca, e che si troverà di 35 piedi, che corrisponde nella prima Tavola ad un getto di 31 piedi e 7 pollici.

1473. Avendo un getto di 18 piedi e mezzo di altezza e il diametro dello spinello di 10 linee, chiedesi quello del condotto: bisogna cercare nella prima tavola l' altezza del serbatojo che conviene ad un getto di 18 piedi 1/2, o a quello che se le avvicina di più, e troverassi che deve essere di 20 piedi. Ciò posto bisogna cercare nella tavola terza il numero 10 corrispondente al serbatojo di 20 piedi d' altezza; troverassi al vertice della colonna il numero 4 il quale indica che il condotto deve avere 4 pollici di diametro. Credo che per maggiore intelligenza non sarà mal fatto il dare un esempio che faccia veder l' uso delle tre tavole ad un tempo.

1474. Suppongo che nella vicinanza di un giardino si abbia una macchina che innalzi l' acqua a 60 piedi d' altezza, e somministri 200 pinte ogni minuto e ne dia anche maggior quantità. Se ne destinano soltanto 20 pinte per fare un getto continuo da spingersi a tutta l' altezza a cui può giugnere. Si vuol conoscere il diametro che bisognerà dare allo spinello, quello del condotto e l' altezza che avrà il getto. Si comincierà dal cercare nella prima tavola l' altezza del getto corrispondente ad un serbatojo di 60 piedi d' altezza, si troveranno 15 piedi e 2 pollici; si osserverà poi nella seconda quale sia il diametro dello spinello che deve dispensare 200 pinte ogni minuto, provenienti da un serbatojo di 60 piedi d' altezza e troverassi che deve essere di 8 linee. È vero che in questa tavola non s' incontrano esattamente 200 pinte, poichè lo spinello di 8 linee corrisponde a 212; ma questa differenza è troppo picciola onde non attenersi al numero più vicino. Nella terza tavola si trova che il getto di uno spinello di 5 linee avente un serbatojo di 60 piedi d' altezza deve avere un condotto di 6 pollici di diametro. Neppur nella linea dell' altezza di 60 piedi si trova uno spinello precisamente di 8 linee; ma bisogna appa-

garsi di quello di 9 piuttosto che di quello di 7 che immediatamente trovasi prima, onde avere un tubo la cui grossezza sia piuttosto maggiore che minore della vera.

1475. In quanto agli spinelli si fanno ordinariamente di figura cilindrica o conica; i cilindrici sono i più cattivi perchè diminuiscono molto l'altezza del getto; i conici sono i meno difettosi ma anch'essi da rigettare. Mariotte fece molte sperienze su questo argomento e trovò che facevan miglior effetto quelli composti di una semplice lamina di rame con un foro circolare nel mezzo del diametro conveniente al getto, applicata questa lamina orizzontalmente su l'estremità della canna; ma bisogna che sia levigata ed a livello, altrimenti vi sarebbero dei filetti d'acqua che si allontanerebbero di fianco, il che renderebbe difettoso il getto; invece che per essere bello deve essere uniforme e trasparente all'uscire dello spinello fino alla sommità ove non deve dividersi che pochissimo.

Ecco il profilo di uno spinello che cito come il più perfetto. A B C D, fig. 15 tav. 3.ª del Cap. IV., esprime l'estremità della canna di piombo che serve di asta al getto su cui è innestata una viera di bronzo B F G C per mezzo di un nodo di saldatura E H; la parte superiore F G di questa viera è fatta a vite per adattarsi al suo dado praticato nell'interno della base I K dello spinello I L M K, la cui luce N O da noi finora confusa con lo spinello stesso non è che un foro traforato unitamente nel mezzo della piastra L N che deve avere 3 linee di spessore pei getti grandi e 2 pei mediocri; uno spessora più grande non farebbe che cagionare maggior attrito e diminuire l'altezza del getto; il che succede sensibilmente quando si applica su la luce l'estremità d'un tubo di 5 o 6 pollici per farlo passare nella gola di un animale d'onde si fa uscire il getto all'intento di adornare il bacino, giacchè questo tubo cagiona lo stesso difetto di uno spinello cilindrico.

Perchè i getti possano giugnere a tutta la loro altezza, bisogna osservar bene di non ristringere il passaggio dell'acqua all'uscita del serbatojo per entrare nel condotto, come succede di spesso per parte delle valvole o dei zipoli che vi si collocano: conviene al contrario dilatare l'imboccatura dei condotti affinchè il diametro della valvola abbia almeno 2 pollici più di quello del tubo.

1476. Succede di spesso di dover condurre molti tubi a sboccare in un solo: allora bisogna determinare il suo diametro relativamente alla grossezza delle diramazioni acciò possa riceverne l'acqua in modo che scorra liberamente come prima; per esempio si abbiano tre tubi provenienti da altrettante sorgenti diverse; il primo abbia 4 pollici di diametro, il secondo 6 ed il terzo 7; e si vogliano raccogliere in un solo che li contenga tutti e tre: a tale effetto bisogna sommare insieme i quadrati dei numeri precedenti, e si avrà 101 per la somma, da cui bisogna estrarre la radice quadrata che è 10 pollici circa pel diametro del tubo che si cerca.

1477. Se si ha un condotto di 9 pollici di diametro, e se ne vuol dedurre una diramazione di 5 pollici, chiedesi qual debba essere il diametro della continuazione del primo per condurre l'acqua che gli rimarrà. Bisogna fare il quadrato di 9 e di 5, levare il piccolo quadrato dal grande, la differenza sarà 56 la cui radice è 7 pollici e 5 linee pel diametro che si cerca. Ma bisognerà farlo più grande perocchè i piccioli tubi hanno superficie maggiore del grande proporzionatamente e quindi maggior attrito.

Abbiasi un tubo principale di 10 pollici di diametro, e per formare un graticcio d'acqua se ne vogliano dedurre vari rami di 3 pollici, si domanda quanti se ne potranno avere; fa duopo dividere il quadrato di 10 pel quadrato di 3 e si troverà 11. Siccome tutti i problemi di questa specie si riferiscono ai semplici elementi della geometria non mi arresterò a darne altri esempj. Del resto si fa uso molto utilmente delle diramazioni abbrancate sopra uno o molti condotti principali per distribuir l'acqua ai diversi getti che si vogliono formare senz'essere costretti a levarla immediatamente dal serbatojo, il che moltiplicherebbe considerevolmente il numero dei tubi che bisogna sempre ridurre al minimo possibile.

1478. Quando si hanno serbatoj molto elevati, non si dà sempre ai getti tutta l'altezza a cui potrebbero giognere perchè è meglio che sieno più grossi e meno elevati quando si destinano a' giuochi d'acqua; perciò si diminnisce il diametro dei condotti corrispondenti a questi getti e si aumenta quello dello spinello per uscire della proporzione che dovrebbero avere naturalmente, ovvero si può secondo l'art. 532, lasciar entrare nel condotto quella sola quantità d'acqua che formi un battente convenevole all'altezza del getto.

1479. Quando l'acqua di un serbatojo discende perpendicolarmente o lungo un pendio molto ripido; convien mettere di sotto del condotto un rubinetto che si apre quando si vuole inviar l'acqua, acciò l'aria che ne occupa il passo possa sgombrare prontamente, senza di che il tubo correrebbe pericolo di scoppiare se non vi fossero altre uscite tranne la luce dello spinello. Bisogna pure aver de' serbatoj collocati ne' luoghi più convenienti, muniti di rubinetti per scaricare i tubi in caso di bisogno, e praticar de' spiragli ai gomiti ed al vertice delle inclinazioni per dare sfogo all'aria che l'acqua trascina con sè: aggiugnerò che i condotti debbono passare sotto i viali e giammai sotto i pezzi che potrebbero soffrire all'evenienza riparazioni.

1480. Quando si ha una corrente vicina ad un giardino situato in campagna, si preferisce innalzar l'acqua in un serbatojo per mezzo di una macchina onde farla zampillare di quello che condurre da lungi con spese enormi le diverse sorgenti che si trovassero bastantemente elevate per adempiere lo stesso scopo, il che succede di rado, mentre quando con una macchina si dà al serbatojo tanta elevazione quanta se ne crede necessaria, si gode il vantaggio di avere la sorgente presso di sè e non si ha il dispiacere di vedere interrotto il corso dell'acqua per malignità dei contadini che rompono i tubi espressamente per far dispetto al padrone: d'altronde queste acque straniere costringono ad indennità in favore di quelli su le cui terre passano i condotti, producono litigi con altri padroni che pretendono aver diritto di dimezzarle; insomma sono origine di contestazioni.

Quando si sa mettere tutto a profitto, si può adattare alla macchina un mulino da grano in guisa che la stessa ruota possa far agire ad un tempo la macina e due corpi di tromba. Se la corrente ha forza bastante il peggio sarà di far agire la macina durante il giorno e le trombe nella notte quando si avrà un serbatojo sofficientemente grande per sovvenire per varie ore alle dispense delle acque zampillanti. Non dico nulla della costruzione della macchina perocchè il terzo libro ne presenta di ogni specie lasciando alla prudenza di coloro che sono incaricati dell'esecuzione il

fare una scelta conveniente alla situazione del luogo ed alla dispensa che si vuol fare.

Se il castello fosse in una pianura e non si avesse che un semplice ruscello, o una sorgente molto abbondante, allora io credo che il miglior partito che si possa prendere sarebbe quello di costruire una macchina mossa da un cavallo ad imitazione di quella di Val Saint-Pierre (988), rettificando le trombe e seguendo tutte le istruzioni che diedi a questo riguardo.

Finalmente se il castello fosse situato sopra un'eminenza si potrà fare una o più macchine mosse dal vento che innalzeranno l'acqua all'altezza che si vorrà, sia che si derivi da una sorgente, o da un pozzo, come se ne trovano nei dintorni di Parigi. È vero che ho dato pochi esempj di questa specie di macchine nel Capo 2, libro 3.° perchè la loro costruzione riferendosi sempre a trombe, manovelle, rocchetti, lanterne o bilici a cui non trattasi che di applicare il motore, il punto essenziale si riduceva a dare alle ali che debbono ricevere l'impulso del vento la situazione più vantaggiosa, e di farne il calcolo esatto, è perciò che mi vi sono attaccato quanto si possa desiderare senza prendermi molta cura del resto che ho lasciato alla perspicacia dei lettori.

1481. Sia che le acque provengano da molte sorgenti raccolte da fosse e da condotti o che s'innalzino per mezzo di una macchina non si può a meno di condurle in un grande serbatojo che fornisca abbondevolmente per molte ore diversi giuochi d'acqua destinati all'abbellimento di un giardino Se il castello è situato al piede di una montagna o sul fianco, la posizione più conveniente pel serbatojo è di scavarla in terra al vertice della montagna; perocchè allora facendo il giardino a discese con terrazze, si potrà con una picciola quantità d'acqua ben adoperata e ripetuta sotto forme diverse presentare gran quantità di oggetti; perocchè i bacini che riceveranno l'acqua dei pezzi più elevati serviranno di serbatoj a quelli che sono al di sotto, e così di cascata in cascata fino al luogo più basso ove per ultimo saranno ricevute in un canale che servirà ad esse di scaricatore.

Se non si hanno comodità per praticare un serbatojo scavato in terre bisognerà allora necessariamente innalzarne uno di piombo sostenuto in aria con pilastri di murazione collegati da arcate com'è quello del castello d'acqua a Versailles che somministra le acque zampillanti del giardino: allora per la costruzione di simile serbatojo si potrà regolare coma ho insinuato nell'art. 1414.

Sirebeau fece eseguire nel 1728 un magnifico serbatojo di questa specie nel mezzo del granda cortile delle Picciole Case a Parigi. Esso è rinchiuso in un gran fabbricato isolato che interiormente ha 32 piedi di lunghezza per 28 di larghezza ed i cui muri hanno piedi 2 1/2 di spessore attraversato da due forti travi sostenute tutte e due nel mezzo da un pilastro di pietra di 2 piedi in quadratura, e di 20 piedi d'altezza; queste travi servono a portare il tavolato su cui posa il serbatojo formato di lastre di piombo sostenuto da una intelajatura di legname intorno alla quale vi è una galleria lunga 3 piedi. Il serbatojo ha 26 piedi di lunghezza per 22 di larghezza e 4 di profondità contenente 286 moggia d'acqua che scorrono di là in varj altri serbatoj più piccioli situati nelle cantine, negli uffici, nei forni e lavanderie, d'onde è pure distribuita con condotti e robinetti

a tutti i luoghi della casa ove se ne può far uso; quest'acqua proviene dalle vasche della fontana della Carità alimentata dalle trombe della macchina applicata al ponte di Nostra-Donna. Ho creduto bene citare questo esempio per dare un' idea del modo di distribuire l'acqua in una gran casa; ora ripiglierò il mio argomento.

Riguardo ai serbatoj scavati nella terra giudicherassi della costruzione che loro può convenire di più, da quella dei bacini sui quali mi diffonderò alquanto.

1482. Se si considera la figura 2, Tavola 2, vedrassi che rappresenta il profilo di un bacino come si costruiscono nei giardini quando si vuole che sieno conformati in modo da contenere l'acqua come un vaso. Vi sono poche opere che richieggano di essere fabbricate con più diligenza; perocchè se non si riesce alla prima, non si deve aver lusinga di poterne correggere la cattiva fabbricazione.

Dopo aver determinato il diametro del bacino e la sua profondità che abbiam detto dover essere dai 20 fino ai 24 pollici, si fa una fossa circolare il cui raggio deve avere tre piedi più di quello che ne avrà il bacino, e si profonda pure 3 piedi più di quello che si è proposto; poscia si stabilisce una piattaforma di murazione AB che deve regnare per tutta l'estensione dello scavo; questa piattaforma deve essere formata di mattoni con malta di cemento per uno spessore di 12 pollici. Il mattone torna meglio del pietrame per formare un buon legame capace d'impedire la filtrazione dell'acqua. Dopo ciò si fa un rivestimento A C, B D, composto egualmente per sostenere le terre formando una specie di sotterraneo.

Questa murazione essendo ben secca si applica sul fondo uno strato di argilla E F, grosso 12 pollici, come diremo in seguito. Su questo strato si fa una seconda piattaforma di murazione G H anch'essa grossa 12 pollici ricoperta da lastre di pietra che servono di platea e s'innalza tutt'all'intorno una parete G T, K H per formare il bacino, osservando di lasciare fra questa murazione che chiamasi muro di dogo, o muro natante, ed il rivestimento C E, D F, un intervallo di 12 pollici che si riempie di argilla a misura che s'innalza il muro natante, e si compie il perimetro N L del bacino con una cigliatura di pietra o di zolle erbose.

1483. Il fondo di un bacino deve avere un declivio dolce verso il fianco che si sarà scelto per praticarvi uno scarico quando si vorrà vuotarlo, il che si fa con un tubo chiuso da una valvola. Si ha cura di praticar pure uno sfioratore che conduce l'acqua in un luogo basso per farla zampillare una seconda volta in un altro bacino, e di là in un terzo quando si ha sufficiente pendio. Talvolta vi sono dei bacini ove lo stesso condotto serve di scaricatore per mezzo di un tubo M sfioratore chiuso in una cassa, da cui può essere separato quando si vuole, come nell'articolo 1382; quindi questo tubo riceve incessantemente l'acqua superflua del bacino, che talvolta si riduce in un acquidotto O, per scorrere naturalmente alla sua destinazione.

Presso il bacino si fa un serbatojo P in cui vi è un robinetto che si chiude a chiave, come nell'art. 1417, per sospendere quando si vuole il corso dell'acqua. Si osserverà di far passare il condotto allo scoperto su la platea del bacino onde rimediar meglio agli accidenti e prolungare di circa 18 pollici questo tubo al di là del becco per ivi praticare

uno sbocco R che d'ordinario si tien chiuso, ma che si apre all'uopo per espurgare il condotto lasciando sgorgar l'acqua precipitosamente quando si trova ingorgato. Finalmente bisogna saldare un collare di piombo Q largo 6 pollici circa intorno al tubo nel mezzo dal luogo ove attraversa lo strato di argilla affinchè questo collare trovandosi ben inchiavato l'acqua non possa filtrare da questa parte.

1484. Senza curarsi del colore dell'argilla atta alla costruzione di un bacino si giudicherà della buona qualità di essa quando sarà viscida, che terrà il filo allorchè si vorrà romperla, come quella di cui usano i vasaj. Per prepararla a dovere si comincia dal passarla tre quattro volte con la marra smettandola, e se ne formano zolle grosse un pugno, che si rompono ad una ad una per vedere se contengono sabbia o ghiaja; poscia impiegasi battendola strato per strato senza lasciare il minimo vuoto, in guisa che formino un corpo solo che l'acqua non possa penetrare; perciò bisogna sorvegliare dappresso gli operaj, potendo la più picciola trascuranza cagionare gravi danni.

1485. Quando trattasi di grandi bacini o di serbatoj si prescinde per maggior economia di fare le platee di muratura e si limita ad uno strato di argilla di 18 pollici di spessore applicato sopra un buon fondo col perimetro munito di una piattaforma di pali per servire di fondamento ai rivestimenti delle sponde e su questo strato s'innalza il muro natante ad una distanza di 12 pollici dal precedente che si riempie di creta preparata, come l'abbiamo indicato; e dopo che quest'opera è fatta si munisce il fondo del bacino o del serbatojo di un letto di sabbia grosso 6 pollici. Io non mi fermo di più sulla manualità di queste opere che naturalmente appartengono alla seconda parte dell'Architettura Idraulica.

1486. La natura così varia nella produzione di ciò che è necessario alla vita degli uomini e degli animali, è uniforme riguardo alla loro bevanda; ogni paese somministra frutti ed alimenti diversi; la sola acqua è dovunque eguale e di sì grande necessità che nessun luogo potrebbe essere abitato se ne è privo. Tutti quelli che scrissero su la qualità dell'acqua convengono che la piovana sia la più leggiera e la più sana, ed è appunto per conservarla nella sua purezza che ora descriverò il modo di far buone cisterne.

La grandezza di una cisterna deve regolarsi su la capacità dei fabbricati i cui tetti devono ricever l'acqua piovana che si vuol raccogliere: perciò bisogna conoscere che per ragguaglio cadono ogni anno 18 pollici di altezza d'acqua su la superficie della terra: quindi 4 tese quadrate di copertura prese orizzontalmente riceveranno una tesa cubica ovvero 27 moggia. Ma convien fare la cisterna un terzo più grande che non si sarà trovata col calcolo, avendo cura di darle la maggior possibile profondità e di praticarla se si può in un luogo in cui possa essere al coperto per prescindere delle spese richieste dalla costruzione di una volta.

Dopo avere scavata la fossa, ben agguagliato il fondo e datogli un poco di declivio dalla parte del pozzo in cui va a metter capo il tubo d'aspirazione della tromba di cui suppongo si faccia uso per estrar l'acqua; se si può avere della buona argilla bisogna cominciare dallo stenderne un letto di 20 pollici di spessore sul fondo in modo che sopravanzi 18 pollici il perimetro esterno dei piedritti, poscia si ricopre tutta la superficie con una

piattaforma di murazione di 18 in 20 pollici di spessore fatta di mattoni in buona malta di calce il cui perimetro serve di fondamento ai piedritti che s' innalzano pure in murazione di mattoni e malta di cemento; lo spessore di tali piedritti si regola secondo l'altezza, la larghezza ed il peso della volta. A misura che la murazione si avanza vi si forma di dietro un rivestimento di argilla grossa 18 pollici, che è l' intervallo che si deve aver fatto fra i piedritti e le sponde.

Per dare minore ampiezza alla volta e render l'opera più solida, quando la cisterna è di molta larghezza, fa duopo dividerla a tre vani con muri divisorj in ciascuno de' quali si pratica una porta acciò l'acqua possa passare da una all' altra il che contribuirà a purificarla; perocchè essa depositerà la grossa belletta nella prima ed il restante nella seconda per giugnere chiara nella terza ove suppongo il serbatojo.

Quando non si ha argilla bisogna applicare contro i piedritti un muro di pietre a secco per ricevere le acque provenienti dalle infiltrazioni terrestri, ma l'argilla è molto migliore perchè rende la cisterna più impermeabile e la garantisce dalla comunicazione delle acque sorgive; del resto compiuta che sia la volta e disposta la sua superficie in declivio come un tetto, bisognerà lasciar disseccar bene la murazione, poscia raschiare le commessure delle pareti per ricevere un primo strato di cemento sul quale si fa una quantità di solchi profondi una linea col taglio della cazzuola per ricevere un secondo strato di cemento e si continua nello stesso modo fino alla grossezza di un pollice, e bisogna pure strofinar l' ultimo con latte di cemento finchè formi un corpo che sembri indurito come una stoviglia.

Si fa una piccola cisterna di 3 o 4 piedi in quadrato per 6 o 7 piedi di profondità piena di piccola ghiaja che si ha cura di lavar bene prima, e questa cisterna serve a ricevere le acque piovane acciò non s' introducano nella cisterna se non dopo essersi scaricate delle immondizie che potrebbero aver raccolte sui tetti; quando l' opera è finita si ricopre la volta con tre o quattro piedi di terra su cui fa duopo applicare un pavimento col pendio necessario allo scolo delle acque. Benchè questo picciolo dettaglio basti alla costruzione di una cisterna, non si farà male osservando ciò che in proposito ho scritto nella scienza degli Ingegneri.

1487. Quando si fanno delle dighe, ture di murazione, de' serbatoj, cisterne, chiuse ecc.; non basta rendere i rivestimenti a tenuta colla buona unione dei materiali, bisogna pur sapere regolar bene lo spessore dei muri in guisa che sieno capaci di sostenere la spinta dell'acqua per la loro propria resistenza; non dovendo calcolare su quella delle terre contro le quali sarebbero appoggiate perocchè se solo un poco dovessero piegare, l'opera sarebbe tosto distrutta: ora avendo dato nel primo e nel secondo libro della Scienza degl' Ingegneri ciò che si riferisce alla spinta delle terre e delle volte terminerò questo con un problema su la spinta dell' acqua.

Supponendo che il rettangolo ABCD, fig. 16 tav. 3.ª del Capitolo precedente, rappresenti il profilo del muro di un serbatojo isolato, il cui fondo sia se vuolsi a fior di terra; cercasi lo spessore che convien dare a questo muro acciò il peso lo renda capace di sostenere la spinta dell'acqua nello stato d'equilibrio.

Per intender bene il meccanismo che ora svilupperemo non sarebbe male leggere la sezione 3.ª capo 3.° del 1.° Libro di quest' opera, specialmente l'articolo 373 ove si dimostra che per calcolare la spinta dell'acqua

contro una superficie verticale non bisogna avere nessun riguardo all'estensione del piano che serve di base all'acqua, o di fondo al serbatojo, ma soltanto alla estensione delle superficie spinta ed all'altezza media dell'acqua.

1488. Avendo fatta astrazione dalla lunghezza dei muri quando si è trattato della spinta delle terre, per non considerare che uno degli elementi di cui si possono supporre composti, useremo del pari nel problema di cui si tratta, e per conseguenza non avremo riguardo che alla sola lamina d'acqua presa verticalmente: ricordandosi che questa lamina debb'essere espressa da un triangolo rettangolo ed isoscele BAH, poichè la sua spinta va crescendo da B in A (332) il cui termine medio è eguale alla metà dell'altezza BA dell'acqua (365) il che dà per conseguenza $\frac{\overline{AB}^2}{2}$ per l'espressione della spinta.

Avendo pure veduto nell'articolo 413 che il centro d'impressione della spinta dell'acqua contro una superficie verticale è a due terzi della profondità dell'acqua, potremo supporre che la spinta da B fino in A sia riunita nel punto L distante dal livello IB dell'acqua per la quantità BL eguale ai due terzi di BA ovvero di IH: allora il braccio di leva per cui agisce questa spinta sarà espresso dalla linea LA eguale al terzo dell'altezza BA dell'acqua. Se si volesse che questa spinta fosse riunita in B per agire secondo la direzione BC come fa la potenza Q ad essa equivalente, non si farebbe che prendere il terzo della spinta, cioè il terzo di $\frac{\overline{AB}^2}{2}$ che è $\frac{\overline{AB}^2}{6}$ poichè si triplica il suo braccio di leva.

D'altronde supponendo che il peso che puossi attribuire al rettangolo AC sia riunito nel peso P corrispondente alla linea di direzione FG, che parte del centro di gravità F, la perpendicolare DG condotta dal punto d'appoggio D su questa linea esprimerà il braccio di leva del peso P o della resistenza che il peso del muro oppone alla spinta dell'acqua; e si potrà anche prendere per braccio di leva della potenza Q, cioè della spinta ridotta al punto B, la perpendicolare DC condotta dallo stesso punto d'appoggio D su la direzione BC secondo cui questa potenza agisce.

1489. Se il peso di un certo volume d'acqua fosse eguale a quello di un simile volume di murazione si potrebbero riguardare le due potenze che qui si tratta di mettere in equilibrio, come se fossero espresse l'una dalla sesta parte del quadrato dell'altezza BA, e l'altra da quella del rettangolo ABCD; ma siccome un piede cubico di murazione pesa almeno 120 libbre, mentre un piede cubico di acqua ne pesa soli 70, bisogna necessariamente aver riguardo a questa differenza facendo un compenso che possa far riguardare le due potenze come omogenee. Perciò considero che il peso di un certo volume d'acqua stando a quello di un pari volume di murazione come 7 a 12, bisogna moltiplicare la superficie del triangolo HBA che è $\frac{\overline{BA}^2}{2}$ per $\frac{7}{12}$ ond'avere $\frac{7\overline{BA}^2}{24}$ che si potrà considerare come una superficie omogenea a quella del rettangolo AC; quindi moltiplicando anche questa quantità per 1/3, per la riduzione della spinta riunita in B, si avrà $\frac{7\overline{BA}^2}{72}$ pel valore della potenza Q.

1490. Chiamando a l'altezza BA o CD dell'acqua; x lo spessore AD

della muraglia; D G sarà $\frac{x}{2}$ e si avrà $\frac{7a^2}{72} = Q$; $ax = P$ che nello stato d'equilibrio dà: $Q = \frac{7a^2}{72} : P = ax :: D\,G = \frac{x}{2} : D\,C = a$, d'onde si deduce $\frac{7a^3}{72} = \frac{ax^2}{2}$ ovvero $\sqrt{\frac{7a^2}{36}} = x$ il che dimostra che per avere la grossezza del muro *quando non ha scarpa bisogna prendere $\frac{7}{36}$ del quadrato dell'altezza dell'acqua ed estrarne la radice, che darà ciò che si chiede;* supponendo per esempio l'altezza dell'acqua di 10 piedi, si moltiplicherà il quadrato di questo numero per $\frac{7}{36}$ ond'avere piedi quadrati 19 4/9 la cui radice è piedi 4, 4 pollici e 9 linee.

1491. Se il livello dell'acqua fosse al disotto del vertice della muraglia come ciò succede di spesso, la formola precedente non potrebbe aver luogo. Per stabilirne un'altra supporremo che a esprima soltanto l'altezza dell'acqua, per conseguenza quella del braccio di leva della potenza; e b l'altezza della muraglia; allora si avrà $\frac{7a^2}{72} : bx :: \frac{x}{2} : a$; ovvero $\sqrt{\frac{7}{36} \times \frac{a^3}{b}} = x$ *che dimostra che per avere lo spessore di un muro più elevato dell'acqua ch'esso sostiene, bisogna dividere il cubo dell'altezza dell'acqua per l'altezza del muro, prendere $\frac{7}{36}$ del quoziente ed estrarne la radice quadrata.* Per esempio, supponendo che l'altezza dell'acqua sia di 8 piedi e quella del muro di 10, bisogna dividere il cubo di 8 che è 512 per 10 ond'avere $\frac{512}{10}$ cui bisogna moltiplicare per $\frac{36}{7}$ ed estrarre la radice quadrata del prodotto che darà circa 3 piedi, e 2 pollici.

Quando si sarà trovato lo spessore che conviene allo stato d'equilibrio, si aumenterà quanto si crederà opportuno secondo la qualità dei materiali che s'impiegheranno per prevenire ogni accidente.

1492. Volendo che il muro abbia una scarpa esterna determinata come nella figura 17, per trovarne lo spessore B C rapporto alla sua altezza e quella dell'acqua, ecco in qual modo si potrà stabilire la formola che converrà in questo caso.

Chiamando a l'altezza arbitraria dell'acqua; b l'altezza A B del muro o della perpendicolare D K, condotta dal punto d'appoggio D sopra la linea di direzione B K della potenza Q; c la scarpa G D, del muro; ed x il suo spessore al vertice B C, si avrà $\frac{a^2}{2}$ per la spinta dell'acqua che moltiplicata per $\frac{7}{12}$ ond'aver riguardo alla differenza fra il peso dell'acqua e quello della murazione (1489) si avrà $\frac{7}{72} \times \frac{a^3}{b} = Q$ che moltiplicato per la perpendicolare $D\,K = b$ dà $\frac{7}{72} \times a^3$ pel momento della potenza Q.

Del pari per avere il momento della murazione, fa duopo considerare che se il peso R corrisponde alla linea di direzione condotta dal centro

di gravità del triangolo G C D, esso ne esprimerà la superficie ed avrà per braccio di leva la perpendicolare D I eguale ai 2/3 della base G D; quindi moltiplicando $\frac{bc}{2}$ per $\frac{2c}{3}$ si avrà $\frac{bc^2}{3}$ pel momento del triangolo G C D a cui bisogna aggiugnere quello del rettangolo A B C G che si avrà moltiplicando la sua superficie bx per la perpendicolare $DH = c + \frac{x}{2}$ ond'avere nello stato d'equilibrio $\frac{7}{72}a^3 = \frac{bc^2}{3} + bcx + \frac{bx^2}{2}$, da cui liberando l'incognita si ha $\sqrt{\frac{7}{36} \times \frac{a^3}{b} + \frac{c^2}{3}} - c = x$ *che dimostra che per aver la grossezza della cresta* B C *del muro bisogna dividere il cubo dell'altezza dell'acqua per quella del muro, prendere* $\frac{7}{36}$ *del quoziente, aggiugnervi il terzo del quadrato della scarpa, estrarre la radice quadrata della somma, da cui bisognerà sottrarre il valore della scarpa: la differenza darà ciò che si cerca.*

Per esempio, supponendo che l'altezza dell'acqua sia di 10 piedi, quella della muraglia di 12 e la scarpa G D di 2, si dividerà il cubo di 10, che è 1000, per 12, e si moltiplicherà $\frac{1000}{12}$ per $\frac{7}{36}$, e si avrà 16 $\frac{11}{54}$ piedi quadrati a cui bisogna aggiugnere il terzo del quadrato di 2 per avere piedi quadrati 17 $\frac{29}{54}$ la cui radice è 4 piedi e 2 pollici, per la grossezza della cresta del muro nello stato d'equilibrio.

TAVOLA PRIMA

DELL' ALTEZZA DEI GETTI D'ACQUA

relativamente a quella de' serbatoj.

Altezza dei getti	Altezza de' serbatoj pei getti			Altezza dei getti	Altezza de' serbatoj pei getti		
	della prima	della quarta	della terza		della prima	della quarta	della terza
5	5 1	5	4 11	55	65 1	55	47 5
10	10 4	10	9 8	60	72 0	60	51 2
15	15 9	15	14 3	65	79 1	65	54 10
20	21 4	20	18 9	70	86 4	70	58 4
25	27 1	25	23 2	75	93 9	75	60 1
30	33 0	30	27 5	80	101 4	80	65 5
35	39 1	35	31 7	85	109 1	85	69 1
40	45 4	40	35 8	90	117 0	90	72 5
45	51 9	45	39 8	95	125 1	95	75 9
50	58 4	50	43 3	100	133 4	100	79 1

TAVOLA SECONDA

Che comprende la dispensa in pinte dei getti d' acqua ogni minuto.

Altezza dei serbatoj sopra gli spinelli espressa in piedi	Diametro degli spinelli								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	3 1/2	8	14	23	33	45	59	75	93
10	5 1/4	12	21	33	48	65	85	108	133
15	6 1/2	15	26	40	58	80	104	132	163
20	7 1/2	17	30	47	68	92	120	152	189
25	8 1/2	19	34	54	77	106	138	174	215
30	9 1/4	21	37	58	83	114	149	188	232
35	10 —	23	40	64	91	124	162	205	254
40	10 3/4	24	43	68	97	132	173	220	270
45	11 1/2	26	46	72	104	141	184	232	288
50	12 —	27	48	75	109	147	192	244	301
55	12 1/2	28	50	78	114	154	201	255	315
60	13 1/4	30	53	82	119	162	212	268	331
65	13 3/4	31	55	86	124	169	220	279	344
70	14 1/4	32	57	90	130	177	231	292	361
75	14 3/4	33	59	92	134	181	238	300	371
80	15 1/4	34	61	95	138	187	245	310	383
85	15 3/4	35	63	98	140	193	252	321	392
90	16 1/4	36	65	102	147	200	268	330	409
95	16 3/4	37	67	104	150	205	272	339	420
100	17 1/4	38	69	107	154	211	275	348	430

CONTINUAZIONE

della tavola per la dispensa dei getti d' acqua.

Altezza dei serbatòj	Diametro degli spinelli									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	112	134	157	182	210	238	269	302	336	373
10	161	192	225	261	300	341	385	432	481	533
15	197	235	275	320	367	417	471	529	589	652
20	228	272	319	370	425	483	545	605	681	755
25	274	310	363	422	484	551	622	697	777	861
30	281	335	393	456	523	595	672	753	840	930
35	307	366	429	498	572	650	734	823	912	1016
40	328	390	457	530	609	693	782	877	977	1083
45	349	415	487	565	648	737	832	933	1040	1152
50	364	434	509	590	677	771	871	976	1088	1205
55	381	455	533	618	710	808	913	1023	1140	1263
60	400	477	560	649	745	848	957	1073	1195	1325
65	414	495	584	676	774	880	995	1116	1248	1376
70	437	520	610	701	812	924	1043	1170	1303	1444
75	449	536	628	724	828	952	1074	1200	1342	1472
80	463	552	647	751	862	981	1107	1242	1383	1533
85	479	570	667	772	890	1008	1143	1280	1428	1568
90	496	589	691	801	920	1047	1182	1325	1476	1636
95	507	604	709	822	944	1074	1213	1359	1514	1678
100	521	620	728	844	969	1102	1245	1395	1555	1723

CONTINUAZIONE

della tavola per la dispensa dei getti d' acqua.

Altezza dei serbatoj	Diametro degli spinelli									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	411	451	493	537	583	630	680	730	784	840
16	588	645	705	768	833	900	972	1044	1120	1200
15	719	781	854	940	1022	1100	1190	1280	1371	1468
20	826	914	1000	1088	1180	1276	1368	1480	1588	1700
25	940	1041	1138	1240	1345	1452	1569	1688	1811	1936
30	1025	1126	1230	1340	1453	1572	1695	1824	1956	2092
35	1120	1230	1344	1464	1588	1716	1845	1992	2136	2288
40	1193	1310	1432	1490	1692	1828	1982	2120	2279	2436
45	1271	1394	1524	1660	1800	1948	2098	2260	2422	2592
50	1329	1458	1594	1736	1883	2036	2199	2360	2534	2708
55	1393	1530	1670	1849	1973	2132	2302	2472	2655	2840
60	1460	1606	1751	1971	2070	2240	2414	2596	2786	2980
65	1521	1656	1828	2023	2150	2336	2508	2704	2893	3096
70	1592	1747	1910	2077	2256	2440	2630	2804	3036	3248
75	1629	1796	1967	2144	2300	2512	2682	2896	3095	3312
80	1690	1855	2027	2208	2395	2588	2790	3004	3223	3448
85	1737	1916	2093	2280	2450	2668	2858	3088	3297	3528
90	1803	1979	2163	2356	2556	2764	2979	3204	3440	3680
95	1850	2031	2219	2417	2622	2836	3058	3288	3528	3776
100	1900	2085	2278	2481	2692	2912	3132	3376	3623	3876

TAVOLA TERZA

Che comprende i diametri dei condotti e quelli dei getti relativamente all' altezza de' serbatoj.

Altezza del serbatojo	Diametro dello spinello											
	2	$2\frac{1}{2}$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	7	8	10	14	17	21	24	28	31	35	38	42
10	6	8	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
15	5	6	8	10	13	16	19	21	24	27	30	32
20	5	6	7	10	12	15	17	20	23	25	28	30
25	4	6	7	9	12	14	16	19	21	24	26	28
30	4	5	7	9	11	13	16	18	20	23	25	27
35	4	5	6	8	11	13	15	17	20	22	24	26
40	4	5	6	8	10	12	15	17	19	21	23	25
45	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
50	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
55	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
60	3	4	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
65	3	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22
70	3	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22
75	3	4	5	7	9	10	12	14	16	18	19	21
80	3	4	5	7	9	10	12	14	16	18	19	21
85	3	4	5	7	8	10	12	14	15	17	19	21
90	3	4	5	7	8	10	12	14	15	17	19	21
95	3	4	5	6	8	10	12	13	15	17	18	20
100	3	4	5	6	8	10	12	13	15	17	18	20

FINE DEL SECONDO VOLUME E DELLA PARTE PRIMA.

TAVOLA DELLE MATERIE

CONTENUTE NEL SECONDO TOMO.

LIBRO III

TEORIA DELLE TROMBE, MODO DI MOVERLE E DESCRIZIONE DELLE PIÙ BELLE MACCHINE PER INNALZAR L' ACQUA.

CAPO I

CAPO II.

Teoria delle macchine mosse dal vento e modo di calcolarne l' effetto.

CAPO III

Descrizione generale delle trombe di ogni specie con un esame su ciò che può contribuire a perfezionarle.

CAPO IV

Descrizione di varie macchine per innalzar l'acqua col mezzo delle trombe.

CAPO V

LIBRO IV

DESCRIZIONE DI VARIE BELLE MACCHINE PER INNALZARE L'ACQUA; MODO DI CONDURLA E DISTRIBUIRLA ALLE FONTANE PUBBLICHE, E DI FARLA ZAMPILLARE NEI GIARDINI DI PIACERE E DI CONSERVARLA NE' SERBATOJ E BACINI.

CAPO I

Dei varj mezzi per innalzare l'acqua di una caduta a quell'altezza che si vorrà al di sopra del suo livello.

CAPO II

Dell' azione dell' acqua nei condotti.

CAPO III

Delle macchine per estrarre l'acqua da pozzi profondi assai, e specialmente di quelle mosse dall'azione del fuoco.

CAPO IV.

Della ricerca, della condotta e distribuzione delle acque.

CAPO V

Del modo di distribuire e dirigere le acque zampillanti per la decorazione dei giardini.

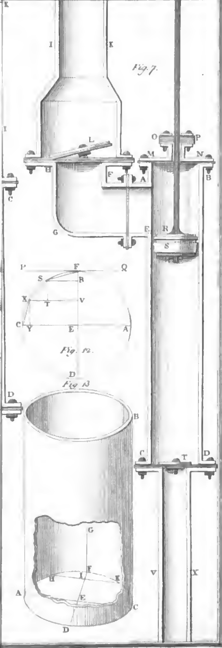
FINE DELL' INDICE DEL TOMO II PARTE PRIMA.



Fig. 1.

Fig. 8.

Fig. 9.



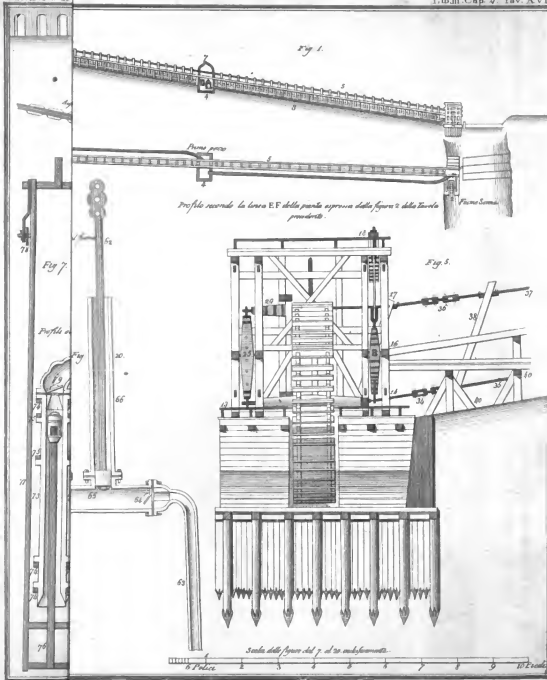
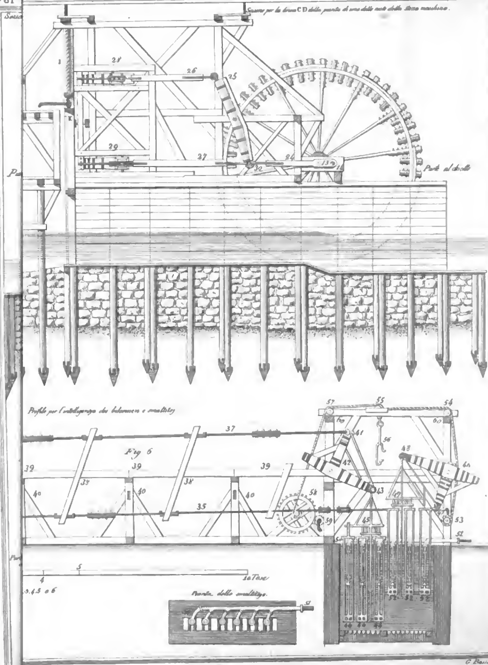


Fig. 1.
Primo pozzo
Fiume Senna
Profilo secondo la linea E.F. della pianta espressa dalla figura 2 della Tavola precedente.
Fig. 5.
Fig. 7.
Scala delle figure dal 7. al 20. inclusivamente.
6 Pollici
10 Piedi


Fig 6
25
26
27
28
29
37
38
39
40
35
41
42
43
45
47
48
53
54
55
56
57
59
60

Vol. II. Nº 3

